

**PROGRAMA DOUTORAL
EM
SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAIS**



Tese apresentada para obtenção do grau de Doutor em Segurança e Saúde Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Avaliação do Risco de Acidente na
Indústria Extrativa a Céu Aberto**

Jacqueline Castelo Branco

Orientador: Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Coorientador: Professor Doutor Carlos Valdir de Meneses Bateira

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

Dezembro de 2018



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt

ISN: 3599*654



Telephone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Electrónico: feup@fe.up.pt

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto N° 087APJ/11-*Guião para a Avaliação de Riscos na Indústria Extrativa a Céu Aberto*, com o apoio da Autoridade para as Condições do Trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor João Manuel Abreu Santos Baptista por toda a disponibilidade, amizade, apoio e orientação científica ao longo dos trabalhos de investigação desenvolvidos na licenciatura, mestrado e agora no doutoramento. O seu apoio ao longo deste doutoramento foi imprescindível e incansável. Foram anos de trabalho, de trocas de ideias, projetos, opiniões que permitiram e permitem que crescesse como investigador, como profissional e como indivíduo. Tem sido uma honra trabalhar consigo. Muito Obrigado!

Ao Professor Carlos Bateira pela orientação científica e sugestões de melhoria.

Aos responsáveis pelas explorações visitadas no âmbito deste doutoramento por facilitarem todo o acesso às instalações, pelo apoio e disponibilidade que se tornou indispensável para a realização deste estudo.

Aos especialistas que permitiram a aplicação das Metodologias de Avaliação de Risco e Delphi, sempre com sugestões pertinentes que possibilitaram melhorar pontos importantes deste trabalho.

À Raquel Martins, Joana Duarte e Célia Ferreira pelo apoio nas revisões, mas também, nos momentos mais difíceis, em que os seus conselhos foram muitos e especiais. Vocês foram incansáveis! Para além de colegas de trabalho extraordinárias, são amigas especiais.

À minha família, principalmente aos meus pais, mana, cunhado e sobrinhos pelo apoio constante, amor incondicional e suporte familiar.

À Nini e Zé um pedido de desculpa por não ter estado presente em tantas brincadeiras e momentos especiais.

Aos meus pais pelos cuidados especiais que permitiram ter mais tempo para dedicar a este estudo.

Ao Nuno um pedido de desculpas pelo trabalho acrescido motivado pela minha ausência em muitos momentos e um obrigado especial por ter sido o pilar de suporte que permitiu a minha dedicação a este estudo.

À Sofia um pedido de desculpas pela minha ausência em tantos momentos importantes e um agradecimento especial por me motivar a ser melhor todos os dias.

RESUMO

A indústria extrativa e a evolução da humanidade estão estreitamente interligadas. Desde a pré-história que os minerais e rochas são utilizados pelas civilizações em inúmeras aplicações do dia-a-dia.

O volume de produção de rochas a nível mundial é representativo da importância do setor, já que chega a atingir volumes que variam entre as dezenas e as centenas de milhões de toneladas por ano.

A exploração de pedreiras de entre todas as atividades que se incluem na indústria extrativa é considerada no artigo n.º 79 da Lei n.º 3/2014 de 28 de janeiro, Regime Jurídico da Promoção da Segurança e Saúde no Trabalho, considerada uma atividade de risco elevado em que, no desenvolvimento das respetivas atividades profissionais, os trabalhadores se encontram expostos a riscos que podem ter influência, quer na sua saúde, quer na sua integridade física.

A utilização de métodos de base Matricial ou de Bandas de Controlo, esta última expressão mais usada a nível internacional, está amplamente difundida e afirmada entre os técnicos de segurança, pela sua simplicidade e facilidade de implementação. No entanto, estas metodologias têm um problema de base que é o da falta de fiabilidade e reprodutibilidade.

Nesse sentido, a tese que se apresenta tem como objetivo principal o desenvolvimento de um instrumento de avaliação de riscos, devidamente aferido para a indústria extrativa, que minimize a subjetividade nos critérios de avaliação.

O desenvolvimento do trabalho parte de uma metodologia pré-existente, o Método Integrado de Avaliação de Riscos, cujas matrizes foram redefinidas no sentido de criar continuidade entre os descritores dos parâmetros. Esse processo foi desenvolvido recorrendo à metodologia Delphi com um painel de 37 especialistas. As novas matrizes foram depois aplicadas por um outro painel de 45 especialistas a um conjunto de 50 riscos selecionados, de um total de 139 identificados na produção de rocha industrial. Com os resultados dessa avaliação foi calculado um Nível de Risco, um Nível de Risco Ponderado e um Índice de Priorização. A avaliação foi testada numa classificação composta por 4 níveis e 5 níveis.

Da avaliação com 5 níveis foi obtido um nível de consenso superior a 70% por 86% dos especialistas para o Nível de Risco, 82% para o Nível de Risco Ponderado e 86% para o Índice de Priorização. Estes resultados obtidos demonstram que a metodologia adotada reduz a influência da subjetividade da avaliação por parte dos especialistas.

A validação desta metodologia de avaliação e gestão do risco permite assim apresentar numa ferramenta que garante um elevado nível de reprodutibilidade dos resultados da avaliação, mesmo quando efetuada por diferentes especialistas.

Palavras-chave: Explorações a céu aberto, Avaliação de Riscos, Metodologia, Risco de acidente

ABSTRAT

The extractive industry is deeply connected with human evolution. Since prehistorical times, minerals have been used by civilizations in countless day-to-day applications.

The worldwide volume of mineral resources production clarifies the sector's importance, as it reaches volumes ranging from tens to even hundreds of millions of tons.

The quarries exploitation, amongst all extractive industry activities, is regulated in Portugal by Law no. 3/2014 of January 28, being considered a high risk occupation in which, due to the development of their respective professional activities, the workers are exposed to risks that may impact on their health as well as in their physical integrity.

The use of Matrix Bases or Control Banding (the later designation most used widely) methods are broadly disseminated among occupational safety technicians, due to its straightforwardness and simple implementation. However, these methodologies have a primary problem, being its unreliability and challenging reproducibility.

To this extent, the Thesis intends to develop a risk assessment tool suitable in the extractive industry context, minimizing the subjectivity in the evaluation criteria.

The work development emerges from a pre-existing methodology, the Integrated Risk Assessment Method, in which matrices have been redefined in order to create continuousness between the parameters descriptors. With that aim, Delphi methodology was used, consulting a panel of 37 experts. The consequent matrices were then applied by another panel, from which 45 experts were part of, to a set of 50 selected from a total of 139 identified risks in the real industrial context. Deriving from the obtained results, a Risk Level, Weighted Risk Level and a Priority Index were then calculated; with the assessment outcomes, a classification in 4 and 5 levels was tested.

From the 5 level assessment, a consensus of more than 70% of the specialists was achieved: 86% for the Risk Level component, 82% for the Weighted Risk Level and 86% for the Priority Index. These results show that the adopted methodology diminishes the influence of the expert's judgment subjectivity.

The validation of this risk assessment and managing methodology allows introducing a tool that guarantees a high level of reproducibility concerning the assessment results, even when it is carried out by different specialists.

Keywords: Open pit Mine, Risk Assessment, Methodology, Risk of accident

ÍNDICE

1	INDÚSTRIA EXTRATIVA E SEGURANÇA.....	1
1.1	Preâmbulo.....	1
1.2	Sinistralidade na Indústria Extrativa	2
1.3	Problema e Hipóteses de Investigação	2
1.4	Estrutura da Tese	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1	Metodologia de Revisão.....	5
2.2	Avaliação de Riscos na IECA	8
2.2.1	Metodologias Quantitativas.....	9
2.2.2	Metodologias Semiquantitativas	10
2.2.3	Metodologias Qualitativas.....	11
2.3	Riscos Geológicos	14
2.4	Riscos Ambientais.....	17
2.5	Riscos Físicos e Químicos.....	20
2.5.1	Partículas	20
2.5.2	Ruído	25
2.5.3	Vibrações.....	28
2.5.4	Ambiente Térmico.....	33
3	INDÚSTRIA EXTRATIVA	39
3.1	Enquadramento Legal da atividade	39
3.2	Regulamentação de Segurança e Saúde Aplicável à IECA.....	40
3.3	Breve Caracterização do Processo Produtivo na IECA.....	41
3.4	Objetivos da Tese	52
4	MATERIAIS E MÉTODOS	55
4.1	Faseamento da Metodologia de Avaliação de Risco na IECA.....	55
4.2	Ferramentas de Apoio à Caracterização das Entidades	56
4.3	Identificação de perigos.....	58
4.4	Identificação do Risco	64
4.5	Gestão do Risco.....	83
4.5.1	Contextualização Geral	83
4.5.2	Adaptação à indústria extrativa	83

4.5.3	Cálculo Do Risco.....	86
4.6	Controlo do Risco.....	88
4.7	Gestão do Risco.....	89
4.8	Metodologia Delphi.....	90
4.8.1	Apresentação da metodologia.....	90
4.8.2	Aplicação da metodologia	92
5	APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	99
5.1	Metodologia Delphi.....	99
5.1.1	Primeira Ronda.....	99
5.1.2	Segunda Ronda.....	105
5.1.3	Terceira Ronda	106
5.2	Gestão do Risco- 4 Níveis	109
5.2.1	Cálculo do Nível de Risco.....	109
5.2.2	Priorização da Intervenção	117
5.2.3	Teste dos Resultados	120
5.3	Gestão do Risco- 5 níveis	122
5.3.1	Cálculo do Nível de Risco.....	122
5.3.2	Priorização da Intervenção	129
5.3.3	Teste dos Resultados	133
6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	135
6.1	Metodologia Delphi.....	135
6.2	Gestão do Risco.....	138
6.2.1	Gestão do Risco- 4 Níveis	139
6.2.2	Gestão do Risco- 5 Níveis	140
7	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	149
	BIBLIOGRAFIA.....	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de risco.....	15
Figura 2: Classificação de Poeiras adaptado	21
Figura 3 Escala de valores de nível de pressão sonora.....	25
Figura 4: Síndrome de Raynaud.....	31
Figura 5: Efeitos na saúde de ambientes frios e quentes	35
Figura 6 (a e b): Corte de árvore.	41
Figura 7. Pá carregadora (a), Giratória (b) e <i>ripper</i> (c)	42
Figura 8: Corte por fio diamantado	42
Figura 9: Martelo hidráulico.....	43
Figura:10 (a e b): Carro de perfuração	43
Figura 11:Carro de perfuração	44
Figura 12: Colocação de explosivos.....	44
Figura 13 (a e b): Colocação de explosivos.....	45
Figura 14: Operação de carga.....	46
Figura 15: Operação de taqueio.....	46
Figura 16: Operação de transporte	47
Figura 17: Torva.....	48
Figura 18: Operação de descarga na torva	49
Figura 19. Britador, operação de desencravamento	50
Figura 20: Telas transportadoras e crivos.....	51
Figura 21: Moinho.....	51
Figura 22: Expedição de material.....	52
Figura 23: Metodologia adotada para a avaliação do risco de acidente na IECA	55
Figura 24: Dispersão dos resultados pelo Método MIAR adaptado à IECA.....	85
Figura 25: Percentagem de respostas à 2ª pergunta da 1ª ronda- Gravidade.....	99
Figura 26: Percentagem de respostas à 1ª pergunta da 1ª ronda- Gravidade.....	99
Figura 27: Percentagem de respostas à 4ª pergunta da 1ª ronda- Gravidade.....	100
Figura 28: Percentagem de respostas à 1ª e 2ª pergunta, 1ª ronda- Extensão Impacte.....	101
Figura 29 Respostas à 4ª pergunta, 1ª ronda- Extensão Impacte.....	101
Figura 30: Percentagem de respostas à 1ª pergunta, 1ª ronda- Frequência	102
Figura 31: Percentagem de respostas à 2ª pergunta, 1ª ronda- Frequência	102

Figura 32: Percentagem de respostas à 4ª pergunta, 1ª ronda- Frequência.....	102
Figura 33: Percentagem de resposta 2ª perguntas, 1ª ronda, Desempenho dos Sistemas de Prevenção e controlo.....	103
Figura 34: Percentagem de resposta à 1ª pergunta, DP	103
Figura 35: Percentagem de resposta, 4ª pergunta, 1ª ronda, Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo	103
Figura 36: Adequabilidade dos Critérios de Priorização da Intervenção, 1ª ronda, 1ª pergunta	104
Figura 37: Critérios de priorização, resposta à 4ª pergunta, 1ª ronda	105
Figura 38: Parâmetro Gravidade, 2ª ronda	105
Figura 39: Extensão do Impacte, 2ª ronda	106
Figura 40: Frequência, 2ª ronda	106
Figura 41: Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo	106
Figura 42: Resposta do painel ao parâmetro Gravidade, 3ª ronda	107
Figura 43: Extensão do Impacte e Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo, 3ª ronda	107
Figura 44: Riscos ordenados por Nível de Risco. 4 Níveis	112
Figura 45: Riscos ordenados por Nível de Risco Ponderado. – 4 Níveis	112
Figura 46: Riscos ordenados por Nível de Risco Ponderado. Os riscos com um Nível de Consenso superior a 70% encontram-se assinalados.	119
Figura 47: Riscos ordenados por 5 Níveis de Risco. Os riscos com um Nível de Consenso superior a 70% encontram-se assinalados.	125
Figura 48: Riscos ordenados por 5 Níveis de Risco Ponderado. Os riscos com um Nível de Consenso superior a 70% encontram-se assinalados.	126
Figura 49: Riscos ordenados por Nível de Priorização. Os riscos com um Nível de Consenso superior a 70% encontram-se assinalados.	132

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Valores limite de Exposição e efeitos críticos para o poluente - sílica livre cristalina de acordo com o Decreto-lei n.º162/90 de 22 de Maio.....	24
Tabela 2: Valor limite de exposição, de ação superior e inferior	26
Tabela 3: Níveis sonoros estabelecidos pelo Decreto-lei n.º182/2006, de 6 de Setembro	28
Tabela 4: VLE e VA segundo a Diretiva Europeia 2002/44/EC.....	32
Tabela 5: Valores de referência do WBGT em relação ao metabolismo (ISO 7243:2017)	36
Tabela 6: Caracterização da empresa	57
Tabela 7: Caracterização da exploração	57
Tabela 8: Identificação de Perigos no Processo de Desmatagem e Descubra	59
Tabela 9: Identificação de Perigos para o Processo de Perfuração	61
Tabela 10: Identificação de Perigos no Processo de Desmonte	62
Tabela 11: Identificação de perigos para os Processos de Carga e Transporte	63
Tabela 12: Identificação de perigos para o Processo de Britagem	64
Tabela 13: Identificação de Risco na Perfuração	66
Tabela 14: Identificação de Risco no Desmonte	68
Tabela 15: Identificação do Risco na Carga e Transporte	71
Tabela 16: Identificação do Risco na Carga e Transporte	74
Tabela 17: Identificação do Risco na Britagem	76
Tabela 18: Parâmetros de avaliação propostos por (Sousa I. , 2015).....	84
Tabela 19: Índice de Risco proposto por (Sousa I. , 2015)	85
Tabela 20: Valoração do parâmetro Gravidade (G)	87
Tabela 21: Valoração do parâmetro Extensão do Impacte (E).....	87
Tabela 22: Valoração do parâmetro Frequência do Aspeto (F).....	87
Tabela 23: Matrizes de Verossimilhança e de Níveis de Risco.....	87
Tabela 24: Bandas de valoração do risco e de priorização da intervenção	87
Tabela 25: Valoração do Desempenho do Sistema de Prevenção e controlo (PC)	88
Tabela 26 – Níveis de risco após aplicação do parâmetro do Desempenho do Sistema de Prevenção e Controlo (NRP)	89
Tabela 27 – Critérios de Priorização da Intervenção.....	90
Tabela 28: Nível de Priorização	90
Tabela 29: Gravidade – 1ª ronda	93

Tabela 30: Extensão do Impacte – 1ª ronda	93
Tabela 31: Frequência com que ocorre o aspeto – 1ª ronda	93
Tabela 32: Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo – 1ª ronda	93
Tabela 33: Critérios de Priorização da Intervenção – 1ª ronda.....	94
Tabela 34: 2ª ronda, Parâmetro Gravidade, tabela inicial	95
Tabela 35: 2ª ronda, Gravidade, 1ª proposta de alteração	95
Tabela 36: 2ª ronda, Gravidade, 2ª proposta de alteração	95
Tabela 37: 2ª ronda, Extensão do Impacte, tabela inicial	96
Tabela 38: 2ª ronda, Extensão do Impacte, proposta de alteração.....	96
Tabela 39: 2ª ronda, Frequência, tabela inicial.....	96
Tabela 40: 2ª ronda, Frequência, proposta de alteração	96
Tabela 41: 2ª ronda, Desempenho dos sistemas de prevenção e controlo, tabela inicial	97
Tabela 42: 2ª ronda, Desempenho dos sistemas de prevenção e controlo, Proposta de alteração	97
Tabela 43 - Propostas de alteração e/ou melhoria do parâmetro Gravidade, 1ª ronda	100
Tabela 44: Propostas de alteração e/ou melhoria, 5ª pergunta, 1ª ronda	100
Tabela 45: Sugestões de alteração, 3ª pergunta 1ª ronda- Extensão Impacte	101
Tabela 46: Sugestões de alteração, 5ª pergunta, 1ª ronda- Extensão Impacte	101
Tabela 47: Sugestões de alteração, 3ª pergunta, 1ª ronda- Frequência.....	102
Tabela 48: Sugestões de alteração e/ou melhoria, 5ª pergunta, 1ª ronda- Frequência.....	102
Tabela 49: Sugestões de alteração e/ou melhoria	103
Tabela 50: Sugestões de alteração, Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo	104
Tabela 51: Sugestões de melhoria	104
Tabela 52: Sugestões de alteração.....	105
Tabela 53: Parâmetro Gravidade após Delphi.....	108
Tabela 54: Parâmetro Extensão do Impacte após Delphi	108
Tabela 55: Parâmetro Frequência do aspeto após Delphi.....	108
Tabela 56: Parâmetro Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo após Delphi.....	108
Tabela 57: Parâmetro Critérios de Priorização da Intervenção após Delphi	108
Tabela 58: Determinação do Nível de Risco (para 4 níveis de risco).....	110
Tabela 59: Determinação do Nível de Risco Ponderado (para 4 níveis de risco)	111
Tabela 60: Riscos classificados como Baixo (4 Bandas - processo de Desmonte).....	113
Tabela 61: Riscos classificados como Baixo (processo de Transformação).....	113

Tabela 62: Riscos classificados como Médio (processo de Desmonte)	114
Tabela 63: Riscos classificados como Médio (processo de Carga e Transporte).....	114
Tabela 64: Riscos classificados como Médio (processo de Transformação)	114
Tabela 65: Riscos classificados como Elevado (processo de Desmonte)	114
Tabela 66: Riscos classificados como Elevado (processo de Carga e Transporte).....	115
Tabela 67: Riscos classificados como Elevado (processo de Transformação)	115
Tabela 68: Riscos classificados como Muito Elevado (processo de Desmonte)	115
Tabela 69: Riscos classificados como Muito Elevado (processo de Transformação)	116
Tabela 70: Riscos sem consenso entre o painel de especialistas (processos Desmonte).....	116
Tabela 71: Riscos sem consenso entre o painel de especialistas (processo de Carga e Transporte)	116
Tabela 72: Riscos sem consenso entre o painel de especialistas (processo de Transformação).....	116
Tabela 73: Determinação do Nível de Priorização (para 4 níveis de risco)	118
Tabela 74: Descrição dos perigos e dos riscos de acordo com o nível de priorização.	119
Tabela 75: Desvio Padrão, Média, Variância e Coeficiente de Variação para cada Risco de acordo com o valor do Nível de Risco	121
Tabela 76: Desvio Padrão, Média, Variância e Coeficiente de Variação para cada Risco de acordo com o valor do Nível de Risco Ponderado	121
Tabela 77: Desvio Padrão, Média, Variância e Coeficiente de Variação para cada Risco de acordo com o Nível de Priorização	121
Tabela 78: Nova tabela de Níveis de Risco.....	122
Tabela 79: Determinação do Nível de Risco (para 5 níveis de risco)	123
Tabela 80: Determinação do Nível de Risco Ponderado (para 5 níveis de risco)	124
Tabela 81: Riscos classificados como Baixo (5 Bandas - processo de Desmonte).....	126
Tabela 82: Riscos classificados como Baixo (5 Bandas - processo de Carga e Transporte)	126
Tabela 83: Riscos classificados como Baixo (5 Bandas - processo de Transformação).....	126
Tabela 84: Riscos classificados como Médio (5 Bandas - processo de Desmonte).....	126
Tabela 85: Riscos classificados como Médio (5 Bandas - processo de Carga e Transporte)	126
Tabela 86: Riscos classificados como Médio (5 Bandas - processo de Transformação).....	127
Tabela 87: Riscos classificados como Elevado (5 Bandas - processo de Desmonte).....	127
Tabela 88: Riscos classificados como Elevado (5 Bandas - processo de Carga e Transporte)	127
Tabela 89: Riscos classificados como Elevado (5 Bandas - processo de Transformação).....	128
Tabela 90: Riscos classificados como Muito Elevado (5 Bandas - processo de Desmonte)	128
Tabela 91: Riscos classificados como Muito Elevado (5 Bandas - processo de Carga e Transporte)	128

Tabela 92: Riscos classificados como Muito Elevado (5 Bandas - processo de Transformação).....	128
Tabela 93: Riscos classificados como Extremo (5 Bandas - processo de Desmonte).....	128
Tabela 94: Riscos classificados como Sem Consenso (5 Bandas - processo de Desmonte)	129
Tabela 95: Riscos classificados como Sem Consenso (5 Bandas - processo de Carga e Transporte).....	129
Tabela 96: Riscos classificados como Sem Consenso (5 Bandas - processo de Transformação)	129
Tabela 97: Nova tabela de Níveis de Priorização	129
Tabela 98: Determinação do Nível de Priorização (para 5 níveis de risco)	131
Tabela 99: Descrição dos perigos e dos riscos de acordo com o nível de priorização (5 Níveis).	132
Tabela 100: Desvio Padrão, Média, Variância e Coeficiente de Variação para cada Risco de acordo com o valor do Nível de Risco	134
Tabela 101: Desvio Padrão, Média, Variância e Coeficiente de Variação para cada Risco de acordo com o valor do Nível de Risco Ponderado	134
Tabela 102: Desvio Padrão, Média, Variância e Coeficiente de Variação para cada Risco de acordo com o valor do Nível de Priorização	134
Tabela 103: Comparação entre a 2ª ronda e 3ª ronda	136
Tabela 104: Comparação entre a 2ª e a 3ª ronda	137
Tabela 105: Comparação entre a 2ª e 3ª ronda	137
Tabela 106: Comparação entre a 2ª e 3ª ronda para PD	138
Tabela 107: Não consenso- Nível de Risco 4 níveis	141
Tabela 108: Percentagem de não consenso - 4 - Níveis	144
Tabela 109: Percentagem de não consenso – 5 níveis.....	145
Tabela 110: Percentagem de não consenso – 4 níveis.....	146
Tabela 111: Percentagem de não consenso – 5níveis	147

ABREVIATURAS

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ACT	Autoridade para as Condições do Trabalho
AIHA	American Industrial Hygiene Association
ARAMIS	Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the Framework of Seveso II Directive
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
C	Custo e Complexidade Técnica
CEN	Organização Europeia de Normalização
CRAM	Método Matricial de Avaliação de Risco realizado por Pays de La Loire
dB(A)	Decibel de ponderação A
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
DMS	Deposits Modeling Software
DP	Desempenho do Sistema de Prevenção e Controlo
E	Extensão do Impacte
EAI	Environment Accident Index
EPI	Equipamento de Proteção individual
UE	União Europeia
EUA	Estados Unidos da América
F	Frequência do aspeto
FMEA	Failure Mode Effect Analysis
FMECA	Análise de modos de falha, seus efeitos e criticidade
G	Gravidade
GEMCOM	Gemcom Mining Software Solutions
GEP	Gabinete de Estratégia e Planeamento
GPS	Sistema de Posicionamento Global
HAZOP	Hazard and Operability Study
HSE	Health and Safety Executive
HZ	Hertz, unidade de frequência
IE	Indústria Extrativa
IECA	Indústria Extrativa a Céu Aberto
IPA	Incapacidade Parcial Absoluta
INSHT	Instituto Nacional e Seguridad e Higiene en el Trabajo
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
IREQ	Índice do Isolamento Térmico do Vestuário Requerido
ISO	International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)
ITA	Incapacidade Temporária Absoluta
ITP	Incapacidade Temporária Permanente
LCpico	Nível de pressão sonora de pico, ponderado C
LEP,d	Nível de exposição pessoal diária
LEq	Nível de Ruído Contínuo Equivalente
LEX,8h	Nível de exposição ao ruído, ponderado A, normalizado para um valor de exposição diária de 8h de trabalho
MCDA	Multicriteria Decision Analysis
MDHS/HSE	Methods for the Determination of Hazardous Substances (Métodos para a determinação de Substâncias Perigosas)
MIAR	Método Integrado de Avaliação de Riscos

NR	Nível de Risco
NRC	Nível de Risco Controlado
NEPSI	The European Network on Silica
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NIST	National Institute of Standards and Technology
NP	Norma Portuguesa
NTP330	Sistema Simplificado de Avaliação do Risco de Acidente
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PAIR	Perda Auditiva Induzida pelo Ruído
PC	Medidas de Prevenção e Controlo
PF	Fatores de Possibilidade
Ph	Potencial hidrogeniónico
PRISMA®	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis
PM₁₀	Partículas inaláveis, de diâmetro inferior a 10 micrómetros (µm)
PMV	Voto Médio Previsível
PPD	Percentagem Previsível de Insatisfeitos (%)
QRAM	Qualitative Occupational Risk Assessment Model
REAI	Regime de exercício da atividade industrial
RS	Deteção Remota
S	Fator Severidade
SB	Barreiras de Segurança
SC	Segurança Climática
SD	Secure Digital Card (cartão digital de Segurança)
SHST	Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SST	Segurança e Saúde no Trabalho
UK	Reino Unido
V	Verosimilhança
VA	Valor de Ação
va	Velocidade do ar relativa (m.s-1)
VAE	Valor de ação de exposição
VCi	Vibrações de Corpo Inteiro
VLE	Valor Limite de Exposição
WBGT	Índice de temperatura húmida e de globo (°C)
WHO	World Health Organization

GLOSSÁRIO

Agregados - Material proveniente do desmonte de granito, que já foi processado e transformado em produto final e que possui uma granulometria específica e ao qual é estipulado um valor comercial.

Anexos de pedreira - Instalações e oficinas para serviços integrantes ou auxiliares de exploração de massas minerais e exclusivamente afetos àquela atividade, nomeadamente as oficinas para a manutenção dos meios mecânicos utilizados, as instalações para acondicionamento das substâncias extraídas, para os serviços de apoio imprescindíveis aos trabalhadores, bem como os estabelecimentos de indústria extrativa.

Atacamento - Tarefa realizada no desmonte por explosivos e que consiste no preenchimento do furo com material inerte de forma a confinar e reter os gases provenientes da detonação.

Avaliação do risco - Processo sistemático que visa a identificação dos perigos e dos eventos desencadeadores.

Bancadas - Método de desmonte aplicado em camadas horizontais com uma determinada altura e que é formada através das operações de Desmonte.

Bulldozer - Máquina que se desloca sobre lagartas, munida de uma lâmina na frente e usada para operações de terraplenagem e demolições.

Britador Primário - Equipamento situado no início da instalação de britagem e utilizado para fragmentar a matéria-prima mineral proveniente diretamente da pedreira.

Britagem - Quebra de pedras por processo mecânico ou não para produzir pedaços de tamanho específico.

Depósito Mineral - Qualquer ocorrência mineral que, pela sua raridade, alto valor específico ou importância na aplicação em processos industriais das substâncias nelas contidas, se apresentam com especial interesse económico.

Desmonte - Operação de extração de matéria-prima mineral, destacando a rocha do maciço principal, recorrendo a diferentes técnicas, dependendo do tipo de material a extrair.

Desmatagem - Retirada de toda a camada arbórea e arbustiva.

Detonação - É uma reação do tipo oxidação, exotérmica e que se realiza num curtíssimo espaço de tempo.

Detonadores - Equipamento responsável pela detonação de explosivos.

Diagrama de Fogo - Conjunto de trabalhos a realizar nas frentes de desmonte com o intuito de proceder à escavação de uma rocha dura e que compreende o conjunto de furos onde são colocados o material explosivo.

Dumper - Equipamento móvel utilizado para transportar rocha e escombros.

Empoeiramento - Pó que é produzido num local de trabalho.

Enrocamento - Material extraído de grande dimensão cuja finalidade são as obras marítimas.

Escombros - Material proveniente do desmonte e que não será aproveitado para as operações de britagem.

Escombreira - concentração de material não aproveitável de minérios ou matéria-prima numa exploração.

Explosivo - Composto químico ou mistura de compostos suscetível de se transformar muito rapidamente, total ou parcialmente, num grande volume de gases a alta pressão e temperatura, sob ação de uma causa térmica ou mecânica, libertando uma considerável quantidade de calor.

Exposição pessoal diária ao ruído – $L_{EX,8h}$ – Representa o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas que abrange todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em dB(A).

Exposição pessoal diária efetiva - $L_{EX,8h,efect}$ – Representa a exposição pessoal diária ao ruído tendo em conta a atenuação proporcionada pelos protetores auditivos, expressa em dB(A).

Fator desencadeador - Aspeto que origina e/ou potencia um determinado acontecimento.

Frente de Desmorte - Local onde decorre as operações de perfuração, colocação de explosivo e detonação.

Forras - Peça de desgaste pertencente a britadores e moinhos.

Gestão do Risco - Processo sistemático de identificação, avaliação e controlo do risco.

Humidade relativa - É calculada através da interceção gráfica da temperatura seca com a temperatura húmida.

Instalação de Britagem - Conjunto de equipamentos necessários para o processamento de matérias-primas minerais nos vários estágios (britagem, separação e tratamento).

Massa mineral - Qualquer rocha e outras ocorrências minerais que não apresentem as características necessárias à qualificação como depósitos minerais.

Parga - Depósito de terras de cobertura vegetal.

Pedreira - Conjunto formado por qualquer massa mineral objeto de licenciamento, pelas instalações necessárias à sua lavra, área de extração e zonas de defesa, pelos depósitos de massas minerais extraídas, estéreis e terras removidas e, bem assim, pelos seus anexos.

Perigo-Fonte ou situação com potencial de causar dano em termos de lesão ou afeção da saúde, ou a combinação de ambas.

Posto de trabalho - Conjunto de todas as tarefas realizadas pelo trabalhador durante um dia inteiro de trabalho.

Queda ao mesmo nível - Risco ocupacional derivado da queda do trabalhador ao mesmo nível de onde se encontra.

Risco- Combinação da probabilidade de ocorrência de um acontecimento ou de exposição (ões) perigosos e da gravidade de lesões ou afeções da saúde que possam ser causadas pelo acontecimento ou pela(s) exposição(ões)”.
Risco = Probabilidade x Gravidade

Sílica - Óxido de Silício SiO_2

Sonómetro - Instrumento de medição utilizado para medir e/ou registar as grandezas características dos campos sonoros.

Taqueio - Operação que consiste em fragmentar os blocos resultantes de uma pega de fogo e que têm dimensões superiores à capacidade da máquina de carregamento ou do equipamento de britagem a que se destinam.

Tarefa - Parte da atividade ocupacional do trabalhador num determinado (especificado) intervalo de tempo de trabalho. O intervalo de tempo de trabalho normalmente consiste (é composto) numa sequência de atividades coordenadas que podem fazer um ciclo de trabalho.

Torva - Local de armazenagem e doseamento de material que irá para o britador primário.

Traçagem - Definição das frentes de desmonte.

Valores limites de exposição (VLE) - Concentrações de substâncias nocivas que representam condições às quais se julga que a quase totalidade dos trabalhadores possa estar exposta, dia após dia, sem efeitos prejudiciais para a saúde.

1 INDÚSTRIA EXTRATIVA E SEGURANÇA

1.1 Preâmbulo

O volume de produção de minerais e rochas industriais a nível mundial é um indicador da importância do setor, atingindo valores bilhões de toneladas por ano. A importância da indústria extrativa (IE) é assim significativa, sendo os maiores produtores mundiais países como a China, Estados Unidos da América (EUA), Rússia, Austrália e Índia, que chegam, individualmente, a produzir bilhões de toneladas de rocha por ano, representando, no seu conjunto, cerca de 70% da produção mundial. A título de exemplo, a China produz anualmente cerca 4 358 945 768 toneladas, os EUA cerca de 2 118 592 432, a Rússia 1 214 586 797 toneladas e a Índia 922 238 143. Estas produções referem-se a exploração de minerais industriais, metais preciosos, minerais não metálicos, minerais metálicos e combustível (Saleh & Cummings, 2011) (Yarahmadi, Bagherpour, & Khademian, 2014) (Reichl & Zsak, 2015) (USGS, 2017).

Neste contexto, na União Europeia (UE) assiste-se a um natural decréscimo da indústria extrativa, contudo, em Portugal, este setor tem vindo a afirmar-se e o país aparece como um dos principais produtores europeus e mundiais de minerais não metálicos, com particular relevância para a produção de rochas ornamentais e minerais industriais. A título de exemplo, em 2016 a produção de minérios metálicos foi de 479 005 toneladas, a de rochas ornamentais de 2 881 261 toneladas, a de minerais industriais de 4 436 446 toneladas e a de minerais para construção 41 993 231 toneladas, o que representa um valor de 923 000 000 de euros. Em termos de emprego, no mesmo ano registou-se cerca de 10 295 trabalhadores envolvidos (DGEG, 2017) (DGEG, 2018). Nos restantes produtos observou-se uma descida, devida à crise 2010-2014, (rochas ornamentais 2 881 261 toneladas, minerais indústrias 4 539 482 toneladas, e agregados 38 979 366 toneladas) com tendência para aumentar (DGE, 2015).

A exploração de pedreiras é considerada no artigo n.º 79 da Lei n.º 3/2014 de 28 de janeiro, e considerada uma atividade de risco elevado em que, no desenvolvimento das respetivas atividades profissionais, os trabalhadores se encontram expostos a riscos que podem ter influência, quer na sua saúde, quer na sua integridade física. Esta perspetiva não é nacional, mas internacional, sendo corroborada com opiniões semelhantes por alguns autores (Komljenovic, Groves, & Kecojevic, 2008). Este enquadramento, já de si preocupante, é agravado entre trabalhadores subcontratados, sobre os quais recai, em termos relativos, a maioria dos acidentes fatais (Muzaffar, Cummings, Hobbs, Allison, & Kreiss, 2013). Numa análise mais refinada é ainda possível verificar que locais de trabalho com baixa pontuação média nos resultados da análise da gestão de segurança têm, também, uma taxa de incidência maior de acidentes (Sanmiquel, Josep, Vintró, & Freijo, 2014). No entanto, na indústria extrativa, tal como na generalidade das atividades industriais os maiores problemas advêm, de esforços excessivos sobre o sistema musculoesquelético, aparecendo o "ser atingido por queda de objetos" em segundo lugar (Sanmiquel et al., 2014; Sanmiquel, Vintró, & Freijo, 2012). Tal significa que estes dois problemas devem merecer especial atenção por parte de todos os envolvidos nesta atividade, desde a gestão de topo aos colaboradores menos qualificados, desde os projetistas aos responsáveis pela segurança.

1.2 Sinistralidade na Indústria Extrativa

A rápida evolução tecnológica que a indústria extrativa tem vivenciado dá origem a rápidas mudanças dos locais de trabalho e nos seus processos e organização, reduzindo ou eliminando alguns tipos de acidentes e multiplicando a probabilidade de ocorrência de outros.

Em 2017 registaram-se em Portugal na indústria extrativa 2 acidentes mortais, em 2016, 5 acidentes mortais¹. É um dos sectores com maior número de acidentes no primeiro semestre de 2015, sendo a indústria da construção o setor com maior sinistralidade. No que respeita a acidentes graves, ocorreram 3 em 2016 e 8 em 2017². A estes registos há que associar as doenças profissionais, associadas ao processo produtivo, nomeadamente as relacionadas com as poeiras, o ruído e vibrações. Apesar da redução significativa nas lesões, as taxas de incidência permanecem demasiado elevadas em comparação com outras indústrias (Donoghue A. M., 2004) (Komljenovic, *et al.*, 2008) (Yarahmadi, Bagherpour, & Khademian, 2014).

Os trabalhadores estão sujeitos a inúmeros riscos inerentes aos vários processos existentes na indústria extrativa a céu aberto (IECA). Como exemplo disso, encontram-se os trabalhos realizados com a utilização de explosivos, as tarefas realizadas ao ar livre, os níveis de ruído e vibrações elevados e os associados à movimentação de equipamentos pesados em espaços de circulação comuns (Donoghue A. , 2004) (Castelo Branco & Baptista, 2011) (Sousa, Baptista, & Barbedo, 2011).

Com intuito de auxiliar as organizações na avaliação das respetivas condições em termos de segurança e saúde ocupacionais, foram desenvolvidos, ao longo dos últimos anos, inúmeros instrumentos de avaliação de riscos. A opção por um deles deverá depender das condições reais verificadas no local, do número de trabalhadores e tipo de processo produtivo. Os instrumentos de avaliação mais comuns são as listas de verificação com base no referencial legal, no entanto, são também utilizados guias, documentos de orientação, inquéritos e ferramentas interativas que podem ser genéricos ou adaptados a um determinado setor ou risco (Marhavilas, Koulouriotis, & Mitrakas, 2011). Embora a avaliação de riscos seja, em muitos países, uma obrigação legal, em termos metodológicos não existem regras sob a forma de a aplicar, apesar de existir uma vasta gama de metodologias passíveis de serem utilizadas (Joy, 2004) (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010) (Carvalho F. C., 2013).

Ao existir uma relação entre a qualidade da gestão dos serviços de segurança na IE e os acidentes ocorridos (Sanmiquel L. , Rossel, Vintró, & Freijo, 2014), uma organização com elevados índices de sinistralidade apresenta, obviamente, uma gestão de segurança deficiente.

1.3 Problema e Hipóteses de Investigação

A IE é uma indústria antiga, reconhecida como exigindo um trabalho árduo e suscetível à ocorrência de acidentes e doenças profissionais, apresentando também uma taxa de incidência de acidentes muito elevada, comparativamente com todos setores de atividade. Os últimos dados disponibilizados reportam ao ano de 2015 onde a taxa de incidência de acidentes era de 4862 por cada 100 000 trabalhadores (GEP, 2015).

¹ [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx)

² [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoGraves.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoGraves.aspx)

A grande sinistralidade do setor tem sensibilizado os seus responsáveis, o que conduziu a significativos progressos, quer na adoção de medidas políticas e legislativas, quer na promoção de campanhas no setor, na criação de códigos de boas práticas e na adoção de medidas de prevenção dos riscos profissionais. A “*Target Zero*” promovida pelo *Health and Safety Executive* (HSE) ou “*Dont’t Give a Dust a chance*” promovido pela *The European Network on Silica* (NEPSI), visam fornecer ferramentas técnicas de apoio a este tipo de questões (HSE, 2006; NEPSI, 2012).

No entanto, há ainda um longo caminho a percorrer, em particular na promoção de uma cultura de segurança entre os diferentes atores operacionais, trabalhadores, empregadores e autoridades, essencial à prevenção dos acidentes de trabalho e doenças profissionais.

Nestas circunstâncias, a presente tese de doutoramento pretende responder à seguinte questão:

- Será possível produzir uma ferramenta de gestão de riscos de acidente que minimize a influência dos avaliadores?

1.4 Estrutura da Tese

A presente tese de doutoramento encontra-se organizada por capítulos, que se encontram estruturados da seguinte forma:

No primeiro capítulo, introdução, é realizado um enquadramento e contextualização da indústria extrativa a céu aberto, onde se foca o presente trabalho. É também neste capítulo que é colocado o problema de investigação que se pretende resolver e as hipóteses de investigação adotadas.

O segundo capítulo é dedicado à revisão bibliográfica efetuada sobre a temática principal deste trabalho, a avaliação do risco de acidente na indústria extrativa e sobre os possíveis fatores desencadeadores.

Está subdividido em 5 subcapítulos: metodologia de revisão sistemática, Avaliação de riscos na IECA, onde são abordadas as metodologias quantitativas, qualitativas e semi-quantitativas, riscos geológicos e ambientais, riscos físicos e químicos, onde se aborda a questão da exposição a partículas, ruído vibrações e ambiente térmico.

No terceiro capítulo é efetuado um enquadramento legal da indústria extrativa e regulamentação de segurança, uma breve caracterização do processo produtivo, apresentados os objetivos do presente trabalho e o faseamento da metodologia adotada. Em seguida, é iniciada a parte prática do presente trabalho onde é feita a identificação dos perigos, riscos, a abordagem ao cálculo do risco, do controlo do risco e gestão do risco.

No quarto capítulo, Materiais e Métodos, são descritos os materiais utilizados e onde é exemplificada toda a metodologia adoptada para aplicação da Metodologia de Avaliação do Risco de Acidente desenvolvida.

O quinto capítulo é dedicado à descrição dos resultados obtidos, quer na aplicação da ferramenta de avaliação de riscos como os resultados da aplicação da metodologia Delphi, utilizada para validação dos parâmetros de avaliação de risco adotado.

No sexto capítulo é efetuada a discussão dos resultados descritos no capítulo 4.

O sétimo capítulo apresenta as principais conclusões do presente trabalho de doutoramento e as perspetivas futuras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Metodologia de Revisão

De forma a encontrar resposta à problemática de investigação colocada no ponto 1.3, o presente trabalho de investigação iniciou-se com uma revisão bibliográfica sistemática, obedecendo às recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis* (PRISMA)³ para cada um dos temas principais objeto de análise: Metodologias de Avaliação de Risco (acidentes ocupacionais), Riscos Geológicos, Riscos Ambientais e Riscos Físicos (partículas, ruído, vibrações, ambiente térmico), aplicados à Indústria Extrativa a Céu Aberto. A metodologia de pesquisa foi idêntica para cada tema.

Foi efetuada uma pesquisa bibliográfica integrada nas várias bases de dados e revistas científicas na área de engenharia. Foram utilizadas diversas combinações de termos, representativos de cada uma das temáticas abordadas. A pesquisa foi realizada em base de dados, tais como *Web of Knowledge (Current Contents, Inspec e Web of Science)*, *Scopus* e *Academic Search Complete*. Em revistas científicas foram consultadas: *Elsevier (Science Direct)*, *IEE Xplore*, *Emerald*, *Taylor and Francis*, *Pubmed*, *Medline*, *SpringerLink*, *SAGE Journals Online* e *Geological Society of America (GSA)*.

A combinação de palavras-chave foi específica para cada temática abordada e será em seguida descrita para cada uma, em particular.

Foram considerados artigos em fase de publicação e artigos de conferência entre janeiro de 2005 e fevereiro de 2018.

Avaliação de Riscos na IECA

As palavras-chave utilizadas consideraram as seguintes combinações: “*Risk assessment*” AND “*mining*” AND “*occupational*”; “*Risk assessment*” AND “*extractive industry*” AND “*occupational*”; “*Risk Assessment*” AND “*Open Cast*” AND “*Occupational*”; “*Risk Assessment*” AND “*Open Pit Mine*” AND “*Occupational*”; “*Risk Assessment*” AND “*Quarry*” AND “*Occupational*”; “*Risk Assessment*” AND “*Quarries*” AND “*Occupational*”; “*Risk Assessment*” AND “*Mines*” AND “*Occupational*”; “*Risk Assessment*” AND “*Mine*” AND “*Occupational*”; “*Risk Assessment*” AND “*Mine*”; “*Occupational*”, “*Hazard*” AND “*Mining*” AND “*Occupational*”.

Na totalidade da pesquisa foram obtidos inicialmente 38594 artigos. Destes foram excluídos 38273, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão: 17068 por não estarem dentro do período considerado, 1349 não estarem redigidos na língua inglesa, 2337 eram repetidos, 6512 por tipo de documento (apenas foram aceites artigos em revistas com revisão por pares).

Após a leitura dos títulos e resumo, foram ainda excluídos 11007 por não estarem relacionados com o tema e não serem metodologicamente compatíveis com o presente trabalho, ou considerarem a indústria extrativa subterrânea.

³ PRISMA: <http://www.prisma-statement.org/>

Após este processo, foram considerados elegíveis para leitura do texto integral 321 artigos para verificar quais os riscos ocupacionais inerentes à indústria extrativa a céu aberto e as metodologias de avaliação de risco existentes e aplicáveis ao contexto do presente trabalho.

No final deste processo foram incluídos 42 artigos na presente revisão bibliográfica.

Riscos Geológicos

As palavras-chave utilizadas consideraram as seguintes combinações: *“Geological risk assessment” AND “mining”*; *“Geological risk assessment” AND “extractive industry”*; *“Geological risk assessment” AND “Open Cast”*; *“Geological risk assessment” AND “Open Pit Mine”*; *“Geological risk assessment” AND “Quarry”*; *“Geological risk assessment” AND “Quarries”* AND; *“Geological risk assessment” AND “Mines”*; *“Geological risk assessment” AND “Mine”*; *“Geological risk assessment” AND “Mine”*; *“Geohazard” AND “mining”*; *“Geohazard” AND “extractive industry”*; *“Geohazard” AND “Open Cast”*; *“Geohazard” AND “Open Pit Mine”*; *“Geohazard” AND “Quarry”*; *“Geohazard” AND “Quarries”*; *“Geohazard” AND “Mines”*; *“Geohazard” AND “Mine”*.

Na totalidade da pesquisa foram obtidos inicialmente 528 artigos. Destes foram excluídos 472, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão: 30 por não estarem dentro do período considerado e 25 por serem repetidos. Após a leitura dos títulos e resumo foram ainda excluídos 370 e 47 respectivamente, por não estarem relacionados com o tema e não serem metodologicamente compatíveis com o presente trabalho, ou considerarem a indústria extrativa subterrânea.

No final deste processo, foram incluídos 28 artigos na presente revisão bibliográfica.

Riscos Ambientais

As palavras-chave utilizadas consideraram as seguintes combinações: *“Environmental Risk Assessment” AND “mining”*; *“Environmental Risk Assessment” AND “extractive industry”*; *“Environmental Risk Assessment” AND “Open Cast”*; *“Environmental Risk Assessment” AND “Open Pit Mine”*; *“Environmental Risk Assessment” AND “Quarry”*; *“Environmental Risk Assessment” AND “Quarries”*; *“Environmental Risk Assessment” AND “Mines”*; *“Environmental Risk Assessment” AND “Mine”*.

Na totalidade da pesquisa foram obtidos inicialmente 541 artigos. Destes foram excluídos 475 após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão: 62 por não estarem dentro do período considerado e 42 por serem repetidos.

Após a leitura dos títulos e resumo foram ainda excluídos 282 e 89 respectivamente, por não estarem relacionados com o tema e não serem metodologicamente compatíveis com o presente trabalho ou considerarem a indústria extrativa subterrânea.

No final deste processo, foram incluídos 66 artigos na presente revisão bibliográfica.

Partículas

As palavras-chave utilizadas consideraram as seguintes combinações: *“Silica” AND “mining”*; *“Silica” AND “extractive industry”*; *“Silica” AND “Open Cast”*; *“Silica” AND “Open Pit Mine”*; *“Silica” AND “Quarry”*; *“Silica” AND “Quarries”*; *“Silica” AND “Mines”*; *“Silica” AND “Mine”*; *“Particulate” AND “Mine”*; *“Particulate” AND “mining”*; *“Particulate” AND “extractive industry”*; *“Particulate” AND “Open Cast”*; *“Particulate” AND “Open Pit Mine”*; *“Particulate” AND “Quarry”*; *“Particulate” AND “Quarries”*; *“Particulate” AND “Mines”*; *“Particulate” AND “Mine”*.

Na totalidade da pesquisa foram obtidos inicialmente 877 artigos. Destes foram excluídos 830, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 189 por não estarem dentro do período considerado, 76 por serem repetidos e 66 por tipo de documento

Após a leitura dos títulos e resumo, foram ainda excluídos 499 artigos por não estarem relacionados com o tema e não serem metodologicamente compatíveis com o presente trabalho ou considerarem a indústria extrativa subterrânea.

Após este processo, foram considerados elegíveis para leitura do texto integral 47 artigos.

No final, foram incluídos 36 artigos na presente revisão bibliográfica.

Ruído

As palavras-chave utilizadas consideraram as seguintes combinações: “*Occupational noise*” AND “*mining*”; “*Occupational noise*” AND “*extractive industry*”; “*Occupational noise*” AND “*Open Cast*”; “*Occupational noise*” AND “*Open Pit Mine*”; “*Occupational noise*” AND “*Quarry*”; “*Occupational noise*” AND “*Quarries*”; “*Occupational noise*” AND “*Mines*”; “*Occupational noise*” AND “*Mine*”.

Na totalidade da pesquisa foram obtidos inicialmente 1241 artigos. Destes foram excluídos 1064, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão: 406 não estarem dentro do período considerado, 335 serem repetidos, 4 por não apresentarem o artigo disponível, 19 não terem título disponível.

Após a leitura dos títulos e resumo foram ainda excluídos 300 por não estarem relacionados com o tema e não serem metodologicamente compatíveis com o presente trabalho, ou considerarem a indústria extrativa subterrânea.

Após este processo foram considerados elegíveis para leitura do texto integral 177 artigos. No final deste processo foram incluídos 34 artigos na presente revisão bibliográfica.

Vibrações

As palavras-chave utilizadas consideraram as seguintes combinações: “*Occupational vibration*” AND “*mining*”; “*Occupational vibration*” AND “*extractive industry*”; “*Occupational vibration*” AND “*Open Cast*”; “*Occupational vibration*” AND “*Open Pit Mine*”; “*Occupational vibration*” AND “*Quarry*”; “*Occupational vibration*” AND “*Quarries*”; “*Occupational vibration*” AND “*Mines*”; “*Occupational vibration*” AND “*Mine*”; “*Occupational vibration*” AND “*mining*”; “*Occupational vibration*” AND “*extractive industry*”; “*Whole body vibration*” AND “*Open Cast*”; “*Whole body vibration*” AND “*Open Pit Mine*”; “*Whole body vibration*” AND “*Quarry*”; “*Whole body vibration*” AND “*Quarries*”; “*Whole body vibration*” AND “*Mines*”; “*Whole body vibration*” AND “*Mine*”.

Na totalidade da pesquisa foram obtidos inicialmente 530 artigos. Destes foram excluídos 436 após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão: 175 por não estarem dentro do período considerado e 60 por serem repetidos.

Após a leitura dos títulos e resumo foram ainda excluídos 183 e 18 respectivamente, por não estarem relacionados com o tema e não serem metodologicamente compatíveis com o presente trabalho, ou considerarem a indústria extrativa subterrânea.

Após este processo foram considerados elegíveis para leitura do texto integral 94 artigos, dos quais foram incluídos 56 artigos na presente revisão bibliográfica.

Ambiente Térmico

As palavras-chave utilizadas consideraram as seguintes combinações: “*Thermal environment*” AND “*mining*”; “*Thermal environment*” AND “*extractive industry*”; “*Thermal environment*” AND “*Open Cast*”; “*Thermal environment*” AND “*Open Pit Mine*”; “*Thermal environment*” AND “*Quarry*”; “*Thermal environment*” AND “*Quarries*”; “*Thermal environment*” AND “*Mines*”; “*Thermal environment*” AND “*Mine*” “*Thermal environment*” AND “*mining*” “*Thermal environment*” AND “*extractive industry*”; “*Thermal environment*” AND “*Open Cast*”; “*Thermal environment*” AND “*Open Pit Mine*”; “*Thermal environment*” AND “*Quarry*”; “*Thermal environment*” AND “*Quarries*”; “*Thermal environment*” AND “*Mines*”; “*Thermal environment*” AND “*Mine*”.

Na totalidade da pesquisa foram obtidos inicialmente 1058 artigos. Destes foram excluídos 984 após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão: 78 por não estarem dentro do período considerado e 185 por serem repetidos.

Após a leitura dos títulos, resumo foram ainda excluídos 721 respetivamente, por não estarem relacionados com o tema e não serem metodologicamente compatíveis com o presente trabalho ou considerarem a indústria extrativa subterrânea.

Após este processo foram considerados elegíveis para leitura do texto integral 74 artigos, dos quais foram incluídos 37 artigos na presente revisão bibliográfica.

2.2 Avaliação de Riscos na IECA

Os resultados da presente pesquisa bibliográfica apontam no mesmo sentido dos estudos efetuados em 1999 (Casal, Montiel, Planas, & Vilchez, 1999) e em 2010 (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010), ou seja, não houve evolução significativa desde essa data. Verificou-se que a maioria das metodologias de avaliação de risco existentes apresentam um objetivo muito específico e dirigido à resolução de um problema e não efetuam a integração entre as variáveis ocupacionais, e as do processo produtivo (Castelo Branco & Baptista, 2011).

A validação de uma metodologia de avaliação e gestão de riscos torna-se assim, numa ferramenta bastante útil, já que permite garantir a reprodutibilidade e a fiabilidade dos resultados da própria avaliação. Isso é tão mais importante quanto maior for a empresa, maior o número de técnicos a seu serviço e maior o número de unidades de exploração a céu aberto onde atue, tornando comparáveis todas as avaliações efetuadas. Permite ainda a comparação com resultados de avaliações efetuadas em diferentes empresas e unidades de exploração, na medida em que o carácter de subjetividade tradicionalmente inerente aos procedimentos de avaliação de riscos deixa de ser considerado um problema. No entanto, estas metodologias têm o seu foco principal de ação a nível dos riscos ambientais, na contaminação de cursos de água e de solos e riscos geológicos, onde se mostram bastante eficientes (subcapítulo 2.3) (Nelson, Connors, & Suárez, 2007) (Ersoy, Yunsel, & Atici, 2008), (Jiang, Wang, Lung, Guo, & Li, 2012) (Dadon, Peeters, Ben-Dor, & Karnieli, 2013) (Abdaal, Jordan, & Szilassi, 2013).

Para além deste fator, vários autores sugerem a sua integração com outras metodologias quantitativas. A título de exemplo, destaca-se o Método de Monte Carlo (Qu, Sun, Wang, Huang, & Bi, 2012), a simulação geoestatística, a modelação numérica e a teoria dos conjuntos difusos (Gurcanli & Mungen, 2009). A última, utilizada por diferentes autores, pretende modelar a incerteza associada às avaliações de risco,

permitindo a inclusão do fator humano. Existem registros da sua utilização na área da ergonomia e avaliação de riscos (Nunes I. , 2005), (Pinto, Nunes, Ribeiro, & Paschoarelli, 2012). O método das árvores de falhas é também utilizado para análise e prevenção de acidentes e o estudo das suas possíveis causas (Pradhan, Suliman, & Awang, 2007).

Embora exista uma grande variedade de metodologias para identificação e avaliação de riscos, não existe uma única metodologia desenvolvida que enquadre o processo produtivo na IECA. Para além disso, a maioria das metodologias existentes são baseadas em informações sujeitas a incerteza, imprecisão e ambiguidade, de onde advêm resultados por vezes distintos aquando da comparação entre metodologias aplicadas a um determinado caso (Castelo Branco & Baptista, 2011) (Carvalho & Melo, 2011) (Pinto, Nunes, Ribeiro, & Paschoarelli, 2012) (Bessa & Baptista, 2015). Acrescem a estes fatores as singularidades e particularidades de cada exploração em termos geológicos e operacionais (Aven & Rennb, 2009) (Pinto, Ribeiro, & Nunes, 2012) (Kenzap & Kazakidis, 2013).

Existem, no entanto, outras metodologias de avaliação de riscos que podem ser classificadas em três categorias principais, quantitativas, semiquantitativas e qualitativas.

2.2.1 Metodologias Quantitativas

Representam cerca de 65.3% de todas as metodologias de avaliação de risco identificadas por Marhavidas, Koulouriotis, & Gemeni (2011). Enquadram-se nestas tipologias o Método das Árvores de Falha e Análise por Árvore de Acontecimentos. Consistem na quantificação dos diferentes elementos de risco, nomeadamente, da probabilidade e severidade das consequências. Essa quantificação é feita recorrendo a modelos matemáticos em que a variável Probabilidade pode ser determinada fazendo recurso a técnicas sofisticadas de cálculo (Carvalho & Melo, 2011).

Este tipo de metodologias permite a obtenção de resultados objetivos, a análise do efeito da implementação de medidas de controlo e a análise custo/benefício. No entanto, a sua complexidade e morosidade, bem como, a quantidade e qualidade que são exigidas são um fator negativo (Dhillon B. S., 2009) (Carvalho & Melo, 2015). Neste sentido, vários autores concordam com as limitações que os métodos probabilísticos apresentam, nomeadamente, falta de dados, erros de medição ou interpretação subjetiva dos mesmos (Pinto, Ribeiro, & Nunes, 2012). Como desvantagem deste tipo de metodologia destaca-se a morosidade e complexidade dos cálculos, além de necessitarem de bases de dados estruturadas e histórico de dados.

Árvores de Falha e Árvore de Acontecimentos

O método das árvores de falhas procura através da análise pormenorizada de uma situação, a causa da sua verdadeira “falha”, através de uma técnica dedutiva que parte de um evento indesejado, verificando sucessivamente quais as causas que lhe deram origem (Simões, 2006). Este método é desenvolvido através de um diagrama que é construído com base na conjugação de “portas” e “eventos”. Uma vez concluído a frequência do topo ou o risco de acidente poderá ser determinado a partir da probabilidade de ocorrência de cada um dos eventos de nível inferior. Sem este último fator, a metodologia pode ser aplicada como método do tipo qualitativo.

Existem outras metodologias que resultam da conjugação das árvores de falha e árvore de acontecimentos, introduzindo um nível de consequências para que se possa determinar o nível de risco (Pradhan, Suliman, & Awang, 2007) (Dhillon B. S., 2009). É no entanto necessário para o sucesso na sua aplicação, uma equipa

experiente, já que os eventos deverão ser devidamente identificados para que não ocorram erros na sua conceção (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010) (Marhavidas, Koulouriotis, & Mitrakas, 2011).

A árvore de acontecimentos inicia-se onde a análise de árvores de falha termina. Tem como principal objetivo determinar o nível de risco associado (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010).

2.2.2 Metodologias Semiquantitativas

Estes tipos de metodologias prendem-se com a quantificação da probabilidade e da gravidade através da utilização de matrizes e descritores. Enquadram-se nesta tipologias, entre outros, os métodos de *William Fine*, o *Sistema Simplificado de Avaliação do Risco de Acidente* (NTP330), o Método matricial de avaliação de risco realizado por *Pays de La Loire* (CRAM) e a Metodologia Integrada de Avaliação de Riscos Ambientais e Ocupacionais (MIAR) (Aven, 2008) (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010).

Este tipo de metodologia representa apenas 6.7% da totalidade de metodologias de avaliação de risco identificadas por Marhavidas, Koulouriotis, & Gemeni (2011).

São de aplicação muito simples e não requerem a identificação exata das consequências. São largamente utilizadas na indústria extrativa para a avaliação de riscos ocupacionais e ambientais (Donoghue A. , 2001) (Nivolianitou, 2002) (Cox, 2008) (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010) (Matheson & Reeves, 2010); (Bizhe & Hongguang, 2011) (Canbulat, Hoelle, & Jason , 2013).

No entanto, vários autores referem a ambiguidade nos resultados obtidos na aplicação de várias metodologias para a análise de uma determinada situação, já que a discrepância de valores poderá definir para um determinado risco, resultados díspares. Além disso a subjetividade deste tipo de metodologias está dependente da experiência do técnico que a aplica (Ozog, 2009) (Antunes, 2009; Ferreira, 2012) (Pinto, Ribeiro, & Nunes, 2012) (Marhavidas, Koulouriotis, & Gemeni, 2011).

Na generalidade das comparações feitas entre diferentes metodologias, os resultados mostram a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes níveis de risco obtidos (Carvalho & Melo, 2011). Poucos são também os estudos que efetuam a comparação entre diferentes metodologias, e dos poucos que se conhecem é reforçada a necessidade de se aprofundar o conhecimento científico de forma a garantir a fiabilidade das avaliações de risco efetuadas (Carvalho & Melo, 2011) (Bessa & Baptista, 2015).

Métodos matriciais

Os métodos Matriciais simples diferem entre si nos níveis de descritores (considerando sempre a probabilidade e a severidade) e nos níveis do índice de risco obtido, sendo a sua aplicação semelhante. Enquadram-se nesta tipologia, por exemplo, o Método de matriz simples *Somerville*, o Método de matriz simples (3x3) (Somerville, Auguie, & Ru, 2013) (Azadeh-Fard, Schuh, Rashedi, & Camelio, 2015) (Marhavidas, Koulouriotis, & Gemeni, 2011) e o Método de Matris simples CRAM (CRAM, 2002).

Método de matriz composta NTP 330

Desenvolvida pelo INSHT – *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*, esta metodologia tem como principal objetivo priorizar os riscos de acordo com o nível de risco obtido pela avaliação dos seguintes parâmetros: nível de exposição, de deficiência, de probabilidade e de severidade. Cada uma destas variáveis é avaliada numa escala de 3 níveis. São utilizadas 2 matrizes e o nível de risco comporta 4 níveis de intervenção (Bestraten & Pareja, 1993) (Carvalho & Melo, 2011) (Ferreira & Baptista, 2013) (Bessa & Baptista, 2015).

Através do nível de exposição e de deficiência é determinado o nível de probabilidade. Posteriormente, a magnitude do risco obtém-se conjugando o nível de probabilidade com o nível de consequência (Belloví & Malagón, 1993) (Bessa & Baptista, 2015).

Método de William Fine

Método utilizado por um grande número empresas, determina o risco considerando as consequências de um potencial acidente, fator de exposição e da probabilidade. Cada uma das variáveis anteriores é avaliada numa escala de 6 níveis. O índice de risco possui 5 níveis de prioridade de intervenção (Fine & Kinney, 1971) (Reniers, Dullaert, Ale, & Soudan, 2005) (Marhavilas, Koulouriotis, & Gemeni, 2011).

MIAR

Foi desenvolvido com intuito de efetuar a avaliação de riscos ambientais e ocupacionais tendo por suporte a sinergia entre a abordagem por processos descrita na norma NP EN ISO 9001:2008 - Sistema de Gestão da Qualidade e o método HAZOP (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010).

Esta metodologia tem como intuito detalhar exaustivamente possível as atividades do processo produtivo, interligando as atividades entre si e cada tarefa realizada. É ainda efetuada uma hierarquização dos impactes em termos de segurança. Estes são avaliados segundo a gravidade (conjugado com o nível de perigosidade), a extensão desse impacte, a exposição, o desempenho do sistema de prevenção e controlo e, os custos associados (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010). Destaca-se a rapidez e acessibilidade na identificação de variáveis e seus impactes ambientais e ocupacionais de forma simultânea (Bessa & Baptista, 2015).

Vários estudos efetuam a comparação entre as metodologias NTP330, William Fine e MIAR, verificando-se que, no caso da metodologia NTP o nível de risco é geralmente sobrevalorizado na maioria das situações (Ferreira & Baptista, 2013) (Bessa & Baptista, 2015).

Quer a metodologia William Fine, quer a NTP330, apresentam discrepâncias de resultados mesmo aquando aplicadas na mesma situação. As avaliações são influenciadas pela subjetividade do aplicador e não consideram o número de trabalhadores expostos (Ferreira & Baptista, 2013) (Bessa & Baptista, 2015).

Já o MIAR apresenta uma convergência de resultados acima dos 75% para a mesma análise, realizada por aplicadores distintos (Bessa & Baptista, 2015).

2.2.3 Metodologias Qualitativas

Representam cerca de 27,68% de todas as metodologias de avaliação de risco identificadas (Marhavilas, Koulouriotis, & Gemeni, 2011). Estas metodologias podem ser definidas como um exame qualitativo e sistemático aos locais de trabalho, onde se analisa cada situação individual, com intuito de identificar qual ou quais as situações passíveis de colocar o trabalhador em risco (Carvalho & Melo, 2015).

São utilizadas na maioria das empresas por falta de recursos, ferramentas e experiências para o fazer de forma quantitativa, baseiam-se na avaliação de cenários individuais e onde é feita uma estimativa dos diferentes riscos na base da resposta a questões do tipo “o que acontece se...?” têm a vantagem de serem mais simples, não requerendo a identificação exata das consequências. Por outro lado, têm a desvantagem de serem mais subjetivas, estando muito dependentes dos conhecimentos das equipas de avaliação/técnicas (Ozog, 2009) (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010). São utilizadas como um processo de triagem inicial para a identificação de perigos e riscos, ou quando a quantificação não se justifica, já que determinam a Severidade e Probabilidade (Carvalho & Melo, 2011).

Listas de Verificação, *Check-lists*, Análise de Tarefas

Este tipo de método utiliza como ferramenta principal o levantamento exaustivo dos perigos relacionados com uma determinada atividade e as condições de implementação de práticas de segurança associadas a cada um dos perigos verificados (Reniers, Dullaert, Ale, & Soudan, 2005) (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010) (Carvalho & Melo, 2015).

O levantamento deverá ser exaustivo, detalhado e sistemático, compreendendo, a título de exemplo, os seguintes aspetos:

- Condições materiais de trabalho – equipamentos, matéria ou materiais;
- Ambiente e local de trabalho – ambiente de trabalho;
- Organização do trabalho e gestão da prevenção: tipo e organização da tarefa, formação, informação e comunicação e falhas de gestão;
- Fatores de natureza individual (INRS, 2002).

Este método é tanto mais eficaz quanto maior a qualidade da lista gerada e depende da sensibilidade do avaliador (Reniers, Dullaert, Ale, & Soudan, 2005) (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010) (Marhaviilas, Koulouriotis, & Gemeni, 2011).

Existem inúmeras listas de verificação disponíveis e adaptáveis ao setor de atividade a analisar (Reniers, Dullaert, Ale, & Soudan, 2005) (ACT, 2010) (OSHA, 2010).

HAZOP

O método *Hazard and operability Study* (HAZOP) pode ser utilizado quer para a identificação de aspetos ocupacionais, mas também ambientais e relacionados com o processo produtivo (Dunjó *et al.*, 2010). Esta metodologia é vantajosa na fase de implementação do projeto, uma vez que se pode atuar ao nível da conceção. No entanto, para que a sua execução seja eficaz é necessário dispor de um diagrama exaustivo do processo e onde paralelamente são utilizadas “palavras-guias”. É através da combinação destes dois fatores que é avaliado o evento e caracterizado como problema de processo ou um risco (Yang & Yang, 2005) (Reniers, Dullaert, Ale, & Soudan, 2005) (Hong, Lee, Shin, Nam, & Kong, 2009) (Dunjó *et al.*, 2010) (Marhaviilas, Koulouriotis, & Gemeni, 2011) (Mclellam & Corder, 2013).

Como desvantagem, destaca-se a morosidade no processo de avaliação, no entanto a forma sistemática como é realizada é a principal vantagem deste método já que reduz as lacunas e subjetividade do método (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010) (Mclellam & Corder, 2013).

FMEA

O *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) baseia-se no estudo das etapas do processo e identificação de potenciais falhas que possam ocorrer em cada componente (Thomas & Tippet, 2004). Para cada uma dessas situações são identificadas causas e os efeitos.

Permite definir, identificar e eliminar falhas conhecidas e / ou potenciais, problemas, erros sucessivamente ao longo de um sistema, projeto ou processo (Leeuwen, *et al.*, 2009) (Antunes, 2009).

Como desvantagens na sua aplicabilidade destaca-se o facto de requerer uma grande quantidade de dados. Exige ainda que todos os processos estejam em funcionamento (Carneiro, 2011) (Marhaviilas, Koulouriotis, & Gemeni, 2011).

Método What-if

A metodologia What-if é utilizada na revisão de riscos de processos, podendo ser utilizada em qualquer atividade produtiva e recomendada como base inicial na análise de riscos, já que visa a determinação de eventuais cenários que resultem em falhas na forma de operação de um determinado equipamento, nos trabalhos executados pelo operador ou nos materiais utilizados (Marhavilas, Koulouriotis, & Gemeni, 2011) (Ferreira & Baptista, 2013) (Bessa & Baptista, 2015).

No entanto, são necessários avaliadores experientes para a identificação de perigos e riscos, colocando os resultados dependentes da equipa de avaliadores (Carneiro, 2011) (Marhavilas, Koulouriotis, & Gemeni, 2011) (Ferreira & Baptista, 2013) (Bessa & Baptista, 2015).

Qualitative Occupational Risk Assessment Model (QRAM)

Construído sob 4 dimensões: Segurança Climática (SC), Fator de Severidade (S), Fatores de possibilidade (PF) e Barreiras de Segurança (SB), foi especialmente concebido para utilização na indústria da construção civil, nomeadamente para a determinação do risco nas seguintes situações: queda (em altura e ao mesmo nível), soterramento, contacto elétrico e afogamento.

Este tipo de metodologias efetua a análise de riscos tendo em consideração a participação do fator humano e a fiabilidade humana. Dentro destas metodologias pode-se destacar a análise de tarefas e a análise de erros humanos (ST *et al.*, 2010) (Marhavilas, Koulouriotis, & Gemeni, 2011).

Erro Humano

Metodologia usada na identificação dos perigos associados ao sistema operador/máquina e tem como objetivo a análise das operações baseando-se em listas classificadas de erro humano e em questões chave.

Podem ser analisados nesta metodologia os erros originados pela falha na execução, associados a ações extraordinárias, derivados na escolha incorreta de seleção de um determinado comando e erros devidos de falta de comunicação (Casal, Montiel, Planas, & Vilchez, 1999) (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010) (Marhavilas, Koulouriotis, & Gemeni, 2011).

A aplicação destas metodologias é fundamental nos casos em que se pretende avaliar a possibilidade do erro humano como causa principal em um determinado acidente, já que permite otimizar a gestão dos eventos menos seguros e, ao mesmo tempo, a tomada de consciência dos fatores mais propensos à ocorrência de acidente (Joy, 2004).

Destaca-se neste tipo de metodologias o *Concept Safety Review* e o *Concept Hazard Analysis* que realçam a conceção segura dos espaços de trabalho, tentando assim diminuir substancialmente as situações de risco (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010). A primeira metodologia valoriza a componente ambiental e a segurança da instalação, assim como dos seus processos, a segunda trata fundamentalmente da identificação de perigos, as suas causas e medidas de prevenção a adotar aquando da execução do processo produtivo (Bessa & Baptista, 2015).

Da pesquisa efetuada conclui-se que os fatores inerentes ao processo produtivo, aliados às variáveis ocupacionais e ambientais, contribuem para o aumento da probabilidade de ocorrência de acidente. No entanto, não existe uma metodologia específica aplicável à IECA que relacione estes fatores em simultâneo.

2.3 Riscos Geológicos

O risco geológico em explorações a céu aberto está dependente das condicionantes do maciço e da maior ou menor adequação do método e dos procedimentos de exploração utilizados. Mede o dano potencial no homem e nos equipamentos, estando, assim, relacionado com a segurança ocupacional (Flouvat, Selmaoui-Folcher, Gay, Rouet, & Grison, 2010) (Malinowska & Hejmanowski, 2010).

Dependendo do local onde está implementada a exploração, pode ainda afetar e colocar em risco a saúde da população nas imediações. Foi ao analisar este tipo de risco numa exploração a céu aberto em Itália que Mecatti, et al., (2010) verificaram que a constante monitorização da estabilidade dos taludes e das áreas de escavação pode minimizar este tipo de risco.

A atividade mineira influencia a estabilidade dos taludes já sujeitos à erosão natural. Fatores como a disposição de falhas geológicas, inclinação dos taludes, composição do solo, grau de deformação, coesão, dimensões, tipo de utilização do solo, estabilidade, dimensão estática, dimensão dinâmica, enraizamento, efeito de carga, tipo de vegetação, volume, resistência, grau de alteração e atividades de engenharia exercidas no local são fulcrais, por exemplo, na determinação do risco de deslizamento (Bateira, 2001) (Liang & Yang, 2008) (Marker, 2010) (Jian & Mingming, 2010) (Mecatti, et al., 2010) (Malinowska & Hejmanowski, 2010) (Feizizadeh & Blaschke, 2012) (Dadon, Peeters, Ben-Dor, & Karnieli, 2013).

Uma das situações aconselhadas pela comunidade científica é considerar os danos que essa mesma exploração irão provocar no terreno à medida que o processo produtivo for avançando, recorrendo aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que se mostram uma boa ferramenta quer para acompanhamento real, quer para simulação de várias hipóteses (Jian & Mingming, 2010) (Malinowska & Hejmanowski, 2010) (Feizizadeh & Blaschke, 2012).

Nos últimos anos, a evolução dos SIG tem facilitado a aplicação de tecnologias quantitativas de avaliação de risco geológico. Nos dias de hoje, dados como geomorfologia e instabilidade podem ser adquiridos, armazenados e manipulados de forma digital (Jian & Mingming, 2010) (Malinowska & Hejmanowski, 2010) (Feizizadeh & Blaschke, 2012) (Dadon, Peeters, Ben-Dor, & Karnieli, 2013).

A utilização de SIG em geologia destaca-se nos trabalhos de reconhecimento da litologia e seu mapeamento estrutural, essencial para o planeamento da exploração, mapeamento das alterações de mapeamentos anteriores e no acompanhamento da evolução da exploração (Rajesh H., 2004) (Kolar, Doyuran, & Ayday, 2006) (Jian & Mingming, 2010) (Malinowska & Hejmanowski, 2010) (Feizizadeh & Blaschke, 2012) (Dadon, Peeters, Ben-Dor, & Karnieli, 2013).

Dados como inclinação, tipo de solo, profundidade do nível freático, litologia, geologia e geomorfologia podem ser integrados como outputs em SIG (Kolar, Doyuran, & Ayday, 2006) (Gad & Kusky, 2006). Com o desenvolvimento da tecnologia de processamento de dados e imagem, atualmente os SIG são também utilizados para automatização dos dados e modelação geológica de recursos (Gomes, Delacourt, Allemand, Ledru, & Wackerle, 2005) (Dadon, Peeters, Ben-Dor, & Karnieli, 2013).

Uma forma de monitorizar estas situações é através de um sistema de radar integrado que permite efetuar um mapeamento dinâmico e acompanhar em tempo real a variação dos parâmetros essenciais à estabilidade e relaciona-los, de forma a identificar ao longo do tempo quais os locais que apresentam maior risco à medida que a exploração vai avançando (Flouvat, et al., 2010; Matheson, et al., 2010; Mecatti, et al., 2010).

Um exemplo de aplicação desse tipo de abordagem consiste na integração dos SIG com uma análise de dados efetuada de forma hierárquica para avaliação de riscos originados pelos deslizamentos de terra. Através da análise dos dados e dos fatores que contribuem para os deslizamentos, é efetuada uma avaliação de riscos. No final, a zona em estudo é dividida em 4 zonas principais de risco, definidas entre “zonas sem risco” a “zonas de risco muito elevado” (Figura 1) (Liang et al., 2008).

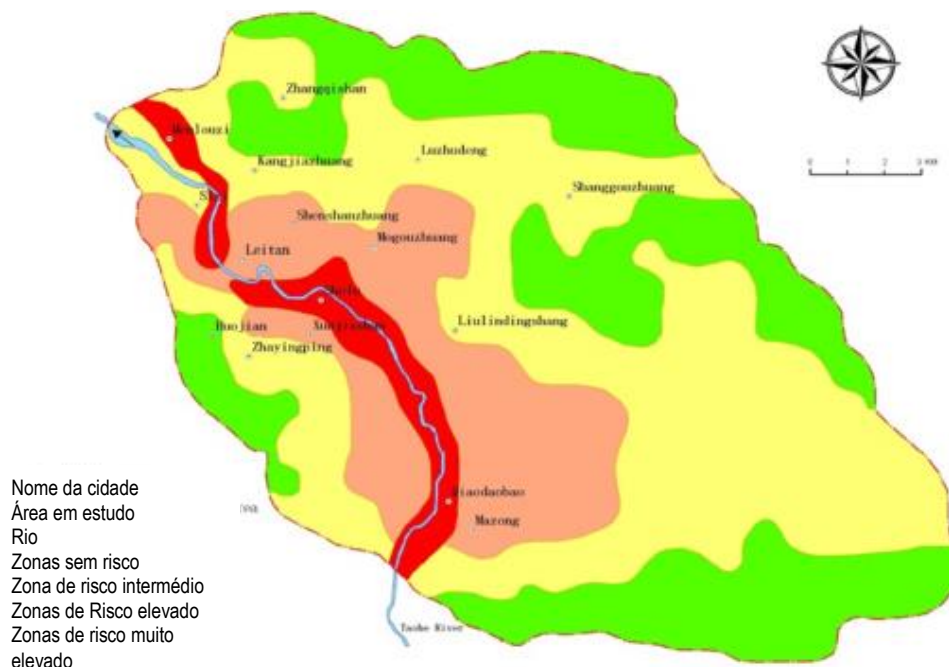


Figura 1: Mapa de risco
 (Liang, *et al.*, 2008)

Um outro exemplo da aplicação destas metodologias é o apresentado no mapa da Figura 1 que distingue e atribui uma escala de risco de deslizamento numa área exploração. Uma das questões a considerar na análise destas situações é o cuidado ao escolher o tipo de escala a ser utilizado, já que, na resolução dos mapas, o rigor dos cálculos e a aproximação à realidade, são fatores que poderão condicionar os resultados obtidos e as conclusões (Malinowska & Hejmanowski, 2010).

Atualmente, as ferramentas de avaliação de risco apoiadas em SIG foram consideradas como um verdadeiro avanço na tecnologia para resolução deste tipo de questões, apresentando soluções rápidas e precisas em tempo real. Para países como a República Checa, China e Estados Unidos que apresentam uma evolução na indústria, este tipo de questões torna-se crucial (Malinowska & Hejmanowski, 2010).

Há ainda a questão relacionada com as dissoluções naturais (cársicas ou dissolução do gesso) ou provocadas pelas explorações, nomeadamente de sal-gema em que o risco de colapso dos terrenos aumenta. São vários os casos relatados, nomeadamente por Gutiérrez & Cooper (2002) e Guerrero, Gutiérrez & Lucha (2004) que estudaram estes casos em Zaragoza e no noroeste de Espanha e Inglaterra (Cooper A. H., 2008) (Wu, CHEN, & Tian, 2012).

Existem várias metodologias para análise específica de riscos geológicos. As mais comuns são as que envolvem estatística multivariada e regressão. O intuito é encontrar a melhor função que represente a relação entre a presença e ausência de deslizamentos (variável dependente) com um conjunto de variáveis interdependentes, como o ângulo, inclinação, litologia e tipologia do terreno (Ayalew & Yamagishi, 2005)

(Ke-Chang, Peng, Fang-qiang, Yong, & Qiu-ying, 2005) (Zhang, Zhang, & Zhao, 2011) (Zhou, Zhang, & Haibo, 2011) (Yan-Hua, Guo-Hua, & Bao-Qing, 2013).

A avaliação de risco requer uma quantificação dos fatores de risco combinados com a exposição e a vulnerabilidade, relacionados com uma sub-região bem definida da área a avaliar (Crozier & Glade, 2005).

As metodologias com análise de múltiplos critérios (*MCDA-Multicriteria Decision Analysis*) são cada vez mais utilizadas no mapeamento e previsão de riscos desta natureza, bem como na tomada de decisão e mitigação do risco, já que fornecem um vasto conjunto de técnicas e procedimentos para a estruturação, conceção, avaliação e priorização de alternativas (Merad, Verdel, Roy, & Kouniali, 2004) (Malczewski, 2006) (Douglas, 2007) (Feizizadeh & Blaschke, 2012).

No que respeita a metodologias desenvolvidas para a avaliação de riscos geológicos associados à atividade extrativa, Gyozo & Szucs (2011) consideram que é importante atender às características específicas do local, o ciclo de produção da mina ou pedreira desde o início da sua atividade, os diferentes tipos de exploração adotados, a geologia, litologia do material rochoso a explorar e o seu comportamento (Gyozo & Szucs, 2011).

Na Metodologia *Open Risk* parâmetros como a geologia, são avaliados as descontinuidades, sua direção e profundidade, a presença de material argiloso, zonas de fraqueza, hidrogeologia (profundidade do nível freático, tipo de aquífero, quantidade de precipitação, escoamento) ou o risco de explosão, considerados essenciais (Canbulat, Hoelle, & Jason, 2013).

Juntamente com o progresso das metodologias de avaliação de risco aplicáveis a riscos geológicos e que integram os SIG, tem-se verificado algumas lacunas. A título de exemplo, cada metodologia é unicamente utilizada com o objetivo de avaliar um determinado tipo de risco ou situação particular, a gestão de dados e a sua integração em SIG não é atualizável facilmente (Li, Yao, & Hu, 2010).

A sinergia entre dados geológicos, sistemas informáticos e tecnologia SIG-3D, tem permitido mais recentemente, o controlo das atividades extrativas quer em termos de produção, quer na prevenção de acidentes (Zhiwei & Jun, 2011).

A maioria dos *softwares* desenvolvidos para a indústria extrativa, focam-se na extração subterrânea, nomeadamente em questões de planeamento e produção. Os primeiros produtores deste tipo de produtos foram a *GEMCOM Software International Inc*⁴, que apresentam várias aplicações de acordo com a necessidade das explorações. A avaliação de risco geológico está presente em algumas destas ferramentas, nomeadamente no que respeita à identificação dos fatores de risco potencial. Outras aplicações desenvolvidas pela *Maptek Corporation*⁵, *Datamine Software Corporation*⁶, *Mincom Corporation*⁷, *Mintec Inc*⁸, e *Micromine Corporations* são as que se destacam em termos de sucesso (Zhiwei & Jun, 2011).

Mais recentemente surgiram várias ferramentas mais simples, também elas com elevadas percentagens de utilização, onde se destacam: *The Mining Visualizations Software*, *Deposti Mathematics Economic Model Packages*, *Integrated Visualization Depostis Modeling Software (DMS)* e o *Imagis 3D Visualizations Geographic Information System* (Zhiwei & Jun, 2011).

⁴ <http://www.geovia.com/>

⁵ <http://www.mining.com/tag/maptek/>

⁶ <http://www.dataminesoftware.com/software/>

⁷ <http://www.emporis.com/search/mining>

⁸ <http://www.minesight.com/>

2.4 Riscos Ambientais

Alguns dos riscos ocupacionais podem facilmente extravasar os limites da exploração, transformando-se, deste modo, em problemas ambientais. Daí a importância de combater todos os riscos na origem, evitando os efeitos da externalização dos problemas. Essa externalização ocorre frequentemente, principalmente pela emissão de poeiras e efluentes líquidos contaminados, isolados ou na forma de lamas. Um dos riscos com maior impacto na saúde e originado pela atividade extrativa a nível ambiental reside na contaminação de solos e aquíferos, cujos efeitos podem estender-se por dezenas a centenas de quilómetros e afetar a saúde das populações, mesmo distantes, que entrem em contacto com esses produtos, quer sejam contaminações por metais tóxicos ou exposição à sílica cristalina (Almeida, Eston, & Assunção, 2002) (Dowd, 2003) (Aslibekian & Moles, 2004) (Ersoy, Yunsel, & Atici, 2008) (Moetaz, Stuart, Lange, Lilley, & Morgan, 2008) (Jordan & Abdaal, 2013) (Donoghue A., 2004) (Choe, et al., 2008) (Shang, et al., 2009) (Gyozo & Szucs, 2011) (Mirzaei, Ghorbani, Moghaddas, & Martín, 2014) (Adamu, Nganje, & Edet, 2015).

No ano de 2002 estimou-se que entre 1000 a 1500 km de cursos de água na UE tinham sido contaminados a partir de trabalhos de extração (Younger, Banwart, & Hedin, 2002). A avaliação de risco de parâmetros ambientais com recurso a SIG possibilita a sinergia entre diferentes recursos, fatores e variáveis (Gruiz, Vaszita, Siki, & Feigl, 2007) (Charou E., Stefouli, Dimitrakopoulos, Vasiliou, & Mavrantza, 2010) (Pediaditi, et al., 2011) (Nykiforuk & Flaman, 2012). Esta avaliação permite ainda efetuar um controlo através da visualização de grandes extensões de terreno avaliando a sua evolução ao longo do tempo (Gruiz, Vaszita, Siki, & Feigl, 2007).

A nível ambiental, a indústria extrativa é muitas vezes responsável pela contaminação de solos e cursos de água e pela contaminação química do ar, responsável por vários casos de doenças profissionais. Este ponto será abordado mais à frente, no subcapítulo referente aos riscos físicos. Este tipo de contaminação pode, tal como na contaminação de cursos de água e solos, centrar-se na área da exploração, mas muitas vezes abrange dezenas de km², afetando as populações (Csavina, et al., 2012).

De acordo com a comunidade científica devem as boas práticas auxiliar na minimização do problema na sua complexidade, através da utilização de ferramentas de apoio à decisão de carácter direto (Jordan & Abdaal, 2013).

O risco de contaminação pode ser caracterizado como o efeito combinado da probabilidade de contaminação e a importância dos impactes tóxicos. Fatores como, descrição do perigo, efeito dose/resposta, análise do comportamento do transporte de contaminantes ao nível do solo e aquíferos e, consequentemente, avaliação de risco⁹, são fatores fundamentais para a sua caracterização.

Na análise de riscos ambientais é possível tratar e relacionar dados tão diferentes como pluviosidade, geologia, litologia, geomorfologia, uso do solo, consolidação, permeabilidade, porosidade, redes de drenagem, declive e índices ecotoxicológicos, para o estudo das condições do local e para a eficácia da aplicação da solução a adotar (Pinder, 2002) (Sander, 2007) (Choi, Park, & Sunwoo, 2008) (Mancini, Stecchi, & Gabbianelli, 2009) (Jasmin & Mallikarjuna, 2011).

A avaliação de riscos em tempo real é fundamental nos casos de contaminação de solos e aquíferos para acompanhar a eliminação do contaminante e o seu percurso (Jiang, Wang, Lung, Guo, & Li, 2012).

⁹ US EPA (2007). Framework for metal risk assessment. U.S. Environmental Protection Agency, Denver. EPA120-R-07-001. <http://www.epa.gov/raf/metalsframework/pdfs/metals-risk-assessment-final.pdf>.

Uma das primeiras metodologias para avaliação de impactos ambientais associados a qualquer tipo de indústria foi desenvolvida por Leopold em 1971. Esta metodologia era constituída por uma matriz onde foram cruzadas 100 ações relacionadas com a indústria a avaliar e 88 condições ambientais. A título de exemplo, destacam-se a alteração da água superficial, do sistema de drenagem, alteração da irrigação, do clima, da superfície terrestre ou a existência de queimadas ou incêndios, nas condições ambientais e as características associadas ao tipo de indústria em estudo e ao seu processo produtivo. A matriz vai relacionando os aspetos ambientais com os do processo produtivo em que são avaliados de acordo com uma escala compreendida entre o zero e dez do possível impacto gerado (Leopold, Clarke, Hanshaw, & Balsley, 1971) (Tiwari, Dutta, & Yunus, 2015).

O método *Environment Accident Index* (EAI) desenvolvido por (Scott, 1998) também foi uma das metodologias validadas para este tipo de avaliação. Foca-se nas consequências ambientais originadas por descargas de substâncias químicas no solo e nas águas superficiais e subterrâneas. Como variáveis de análise, destacam-se a solubilidade em água, a distância ao curso de água mais próximo, a permeabilidade do solo e a direção de escoamento (Paralikas & Lygeros, 2005) (Andersson, Tysklind, & Fangmark, 2007).

São inúmeros os trabalhos científicos desenvolvidos que visam a avaliação, caracterização e monitorização da contaminação de solos (Aslibekian & Moles, 2004) (Paralikas & Lygeros, 2005) (Dinis & Fiúza, 2010) (Harp & Velimir, 2013) (Dong, et al., 2011) (Zarei, Pourkhabbaz, & Khuzestani, 2014) (Mirzaei, Ghorbani, Moghaddas, & Martín, 2014) (Adamu, Nganje, & Edet, 2015). A concentração de metais pesados depende de fatores como a composição geológica de origem e das propriedades do solo que influenciam a absorção e transporte de contaminantes através da circulação de água por extensos quilómetros (Mirzaei, Ghorbani, Moghaddas, & Martín, 2014).

A maioria das metodologias existentes pressupõe a recolha de amostras, adotam modelos e simulações matemáticas para determinar o grau de contaminação e a extensão dos danos (Aslibekian & Moles, 2004) (Paralikas & Lygeros, 2005) (Choe, et al., 2008) (Zarei, Pourkhabbaz, & Khuzestani, 2014) (Li & Feng, 2012) (Martín, et al., 2014). Destaca-se a importância desta avaliação já que estes contaminantes podem facilmente afetar a saúde das populações e entrar na sua cadeia alimentar caso a contaminação esteja próxima de locais de cultivo (Martín, et al., 2014).

Da mesma forma, a contaminação de aquíferos e cursos de água, tem sido bastante estudada pela comunidade científica, uma vez que a utilização de água nos ciclos produtivos é recorrente e são inúmeros os casos de contaminação (Younger, Banwart, & Hedin, 2002) (Chilton & Seiler, 2006) (Gruiz, Vaszita, Siki, & Feigl, 2007) (Dutta & Chaki, 2012) (Zarei, Pourkhabbaz, & Khuzestani, 2014) (Adamu, Nganje, & Edet, 2015) (Liphadzi & Vermaak, 2015) (Anawar, 2015). A menos que os resíduos provenientes de trabalhos de extração sejam protegidos da oxidação e lixiviação de metais, a contaminação será evidente (Suresh S., Dinakar, Prasad, Nagajyothi, & Damodharam, 2007).

Parâmetros como o pH, dureza, oxigénio dissolvido, total de sólidos dissolvidos, salinidade, condutividade, turvação, acidez e alcalinidade, azoto, cloretos, carência de oxigénio, temperatura e nível de água, são fundamentais para caracterização físico-química da qualidade da água. No caso de proximidade de atividades extrativas, são ainda considerados os principais metais/minerais presentes na zona, nomeadamente a presença de metais pesados (Dutta & Chaki, 2012).

Mais recentemente, encontram-se desenvolvidas ferramentas e metodologias que permitem analisar problemas relacionados com as águas provenientes de bacias de decantação, com a interrupção de cursos de água, ou mesmo a contaminação de aquíferos e solos com metais pesados (Boni, Costabile, Vivo, &

Gasparrini, 2000) (Jiang, Wang, Lung, Guo, & Li, 2012) (Ersoy M. , 2013) (Choi, Park, & Sunwoo, 2008) (Cidu & Biddau, 2009) (Komnitsas & Modis, 2009) (Dong, et al., 2011) (Jain , Baruah, & Khare, 2014). Tal como na contaminação de solos, a maioria das metodologias existentes para avaliação da contaminação de água, realizam-se através de modelos matemáticos e modelações. São recorrentemente efetuadas recolhas de amostras de solo ou de água de forma a, de acordo com diferentes métodos de análise, como as equações de oxidação-redução, serem propostas várias abordagens para controlar ou minimizar as contaminações (Bartzas, Komnitsas, & Paspaliaris, 2006) (Beznzaazoua, et al., 2008) (Dutta & Chaki, 2012) (Adamu, Nganje, & Edet, 2015).

Destacam-se ainda, os estudos desenvolvidos por Suresh S., Dinakar, Prasad, Nagajyothi & Nagaraju (2007), Zarei, Pourkhabbaz & Khuzeztani (2014), Jain, Baruah & Khare (2014), Molenda (2014), Adamu, Nganje & Edet (2015), Kerolli-Mustafa, Fajkovic, Roncevic & Curkovic (2015), onde são efetuadas recolhas de amostras e desenvolvidas simulações matemáticas de forma a determinar a contaminação de metais, comparando os valores com os valores limite para cada substância.

A aplicação de metodologias de recuperação e regeneração de solos e aquíferos são tanto mais eficazes quanto maior for a monitorização constante das zonas, o que permite avaliar a evolução da contaminação. Uma das formas é a retirada de amostras em intervalos de tempo conhecidos, estabelecidos dependendo das condições de solo, permeabilidade e tipo de contaminante, permitindo assim o controlo da contaminação e análise da extensão de dano, considerando sempre os valores limite presentes na legislação em vigor (Kemper & Sommer, 2004) (CAPRA, 2009); (Ji, Xu, Yu, & Zhao, 2008) (Komnitsas & Modis, 2009) (Zhang , Gong , Li, & Ross, 2009).

A análise dada, obtida através de imagens de satélite ou com recurso a GPS, tem-se mostrado uma mais-valia no que respeita à avaliação de impacte ambiental. O seu amplo espectro, alcance, custo acessível e a cobertura de grandes áreas, são as principais vantagens. A título de exemplo, destacam-se as metodologias que combinam a modelação geoquímica (onde se destaca a importância do teor em metais pesados), a tipologia de resíduos e suas características com dados SIG de modo a estudar a contaminação em bacias hidrográficas originada pela atividade extrativa (Charou E. , Stefouli, Dimitrakopoulos, Vasiliou, & Mavrantza, 2010) (Gyozo & Szucs, 2011) (Turner, Braungardt, & Potter, 2011) (Jiang, Wang, Lung, Guo, & Li, 2012).

Outra abordagem possível e de carácter ecológico, realiza-se através da introdução de vegetação natural para a reabilitação das zonas contaminadas. Apesar de ser uma forma morosa em termos temporais, permite um tratamento mais natural e ecológico possível (Escarré, et al., 2011) (Conesa & Faz, 2011) (Valente, Gomes, Pamplona, & de la Torre, 2012).

Dentro das metodologias de avaliação de risco ocupacional existentes, algumas podem ser adaptadas à avaliação de risco ambiental. Destacam-se as árvores de falha, a metodologia *What-if*, FMEA, Análise de modos de falha, seus efeitos e criticidade (FMECA), HAZOP e os métodos matriciais (Vernez & Vuille, 2009).

Entre as metodologias existentes encontram-se bastante desenvolvidos os métodos de apoio à decisão com suporte em simulações, técnicas interativas, modelagem multicritério e bases de dados (Sahnoun, Serbaji, Medhioub, & Karray, 2012) (Harp & Velimir, 2013) (Jordan & Abdaal, 2013).

Outra metodologia comumente utilizada é a ARAMIS (*Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the Framework of Seveso II Directive*) cujo objetivo principal centra-se no estabelecimento de

regras de identificação de cenários de acidente, assim como, a elaboração de um índice relevante tendo como base a Diretiva Seveso II. São considerados a severidade do risco e a vulnerabilidade da envolvente das instalações da indústria a avaliar, podendo estes dados ser integrados em SIG para mapeamento das zonas de risco. No presente, já é considerada a Diretiva Seveso III¹⁰.

As etapas de avaliação passam por uma identificação dos perigos e principais, riscos, identificação das barreiras de segurança e avaliação de desempenho, o tipo de transporte efetuado pelo contaminante e avaliação da eficiência da gestão de segurança e mapeamento da gravidade de risco (Salvi & Debray, 2006) (Duijim, 2009) (Ma, et al., 2015).

Para a reabilitação eficaz e integrada de resíduos de mineração, é essencial compreender a petrologia e geologia estrutural, textura geológica, tipo de mineralização, geoquímica. Essa análise deve ser efetuada ao longo do processo produtivo e após o encerramento da exploração (Dinis & Fiúza, 2010) (Adamu, Nganje, & Edet, 2015) (Anawar, 2015).

2.5 Riscos Físicos e Químicos

2.5.1 Partículas

Caracterização

Os agentes químicos sólidos em suspensão na atmosfera são classificados como:

- Poeiras totais: todas as partículas que se encontram em suspensão num dado instante, independentemente do seu tamanho;
- Poeiras respiráveis: fração das partículas totais com um diâmetro equivalente não superior a 7 µm. Tal corresponde à fração pneumoconiótica das poeiras totais (EPA, 2017).

A Norma Portuguesa NP 1796:2014 classifica as partículas em inaláveis, torácicas e respiráveis:

- Partículas inaláveis - menores que 100 µm, capazes de penetrar pelo nariz e pela boca e classificadas como potencialmente perigosas;
- Partículas torácicas - menores que 25 µm, capazes de penetrar além da laringe, podendo atingir a região pulmonar e alveolar;
- Partículas respiráveis - menores que 10 µm, capazes de penetrar na região alveolar. No entanto, no caso da sílica cristalina, a fração de poeira respirável é a mais importante devido às consequências para a saúde (Figura 2).

Os efeitos tóxicos sobre o organismo dependem do tipo de exposição (composição da fração respirável, concentração de sílica livre cristalina e concentração de outros minerais presentes na fração respirável, tamanho da partícula e tempo de exposição) e da resposta orgânica do organismo (sistema imunitários, consumo ou não de tabaco, hiperreatividade brônquica) (EPA, 2017).

Em situações normais, o aparelho respiratório intercepta a maior parte das partículas, através da ativação dos mecanismos de defesa. No entanto, quando a exposição ocupacional é excessiva, causa diversos efeitos adversos dentro do aparelho respiratório ou ainda problemas do foro cardíaco (Maciejewska, 2008)

¹⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0001:0037:PT:PDF>

(Scarselli, Binazzi, & Marunaccio, 2008) (Polichetti, Cocco, Spinali, Trimarco, & Nunziata, 2009) (Aneja, Isherwood, & Morgan, 2012) (Kim, Kabir, & Kabir, 2015).

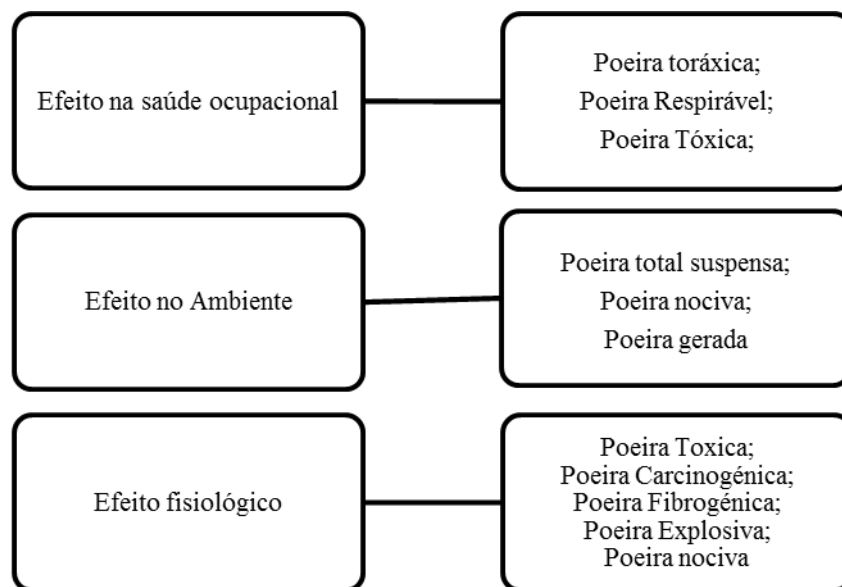


Figura 2: Classificação de Poeiras adaptado (Petravratzi, Kingman, & Lowndes, 2005)

Consoante o indivíduo, a reação do organismo a um determinado material presente no meio, é distinta, logo, num determinado ambiente potencialmente contaminado e em que todos os trabalhadores estão expostos, podem observar-se diferentes níveis de resposta biológica. Fatores como os hábitos de trabalho, a duração da exposição, a suscetibilidade do indivíduo, a concentração do contaminante e a capacidade de desintoxicação do organismo são fundamentais (Bon, 2006) (NEPSI, 2012) (Maciejewska, 2008) (Scarselli, Binazzi, & Marunaccio, 2008) (Bang, Wood, White, Hendricks, & Weston, 2015).

O aparecimento da silicose, depende essencialmente da intensidade da exposição, da sua duração e quantidade de sílica respirável contida no local. Considerando estes fatores, a silicose pode apresentar-se como crónica, quando a sua exposição ocorre após 10 ou mais anos de exposição a concentrações relativamente baixas, à silicose acelerada, que ocorre entre os 5 e os 10 anos após a primeira exposição a concentrações elevadas e a forma aguda, que ocorre num curto espaço de tempo sob concentrações elevadas (Scarselli, Binazzi, & Marunaccio, 2008) (Bang, Wood, White, Hendricks, & Weston, 2015).

A Sílica na Indústria Extrativa

A exposição profissional à sílica cristalina respirável ocorre em diversas indústrias, incluindo a exploração de pedreiras, de minas, processamento de minerais (por exemplo secagem, trituração, ensacamento e manuseamento), trabalhos com ardósia, britagem e preparação de pedras, trabalhos de fundição, fabrico de tijolos e telhas, alguns processos de refração, trabalhos de construção, incluindo trabalhos com pedra, betão, tijolo e alguns anéis de isolamento, abertura de túneis, restauração de edifícios e nas indústrias da olaria e cerâmica (HSE, 2009).

Nas indústrias extrativas, são vários os processos que produzem partículas finas que podem resultar na produção e potencial exposição à sílica cristalina respirável. Nas explorações de rocha industrial destacam-

se os processos de perfuração (Peters et al., 2017) das pegas de fogo, dos processos de arrumação do material nas frentes de desmonte, da carga, transporte por Dumper ou caminhão, e descarga do material na torva; a britagem e a classificação e o transporte por telas transportadoras, entre equipamento ou para os locais de armazenamento. Em todas estas operações a produção de poeiras é agravada quando são realizadas em via seca e/ou quando os espaços são de alguma forma confinados (Jones, et al., 2002) (Petravratzi, Kingman, & Lowndes, 2005) (Scarselli, Binazzi, & Marunaccio, 2008) (Silvester, Lowndes, & Hargreaves, 2009) (Huertas J. I., Huertas, Izquierdo, & González, 2012) (Bratveit, Moen, Mashalla, & Maalim, 2003) (NEPSI, 2006) (Dahmann, et al., 2008) (Demircigil, et al., 2010) (Aneja, Isherwood, & Morgan, 2012) (Csavina, et al., 2012) (Piras, Dentoni, Massacci, & Lowndes, 2014) (Bang, Wood, White, Hendricks, & Weston, 2015) (Andrade P. , Luz, Campos, & Lima, 2015) (Peters, Vermeulen, Fritsch, Musk, & Reid, 2017).

Em seguida, encontram-se as operações de carga, de transporte e de gestão de *stocks* ou silos, operações auxiliares como terraplanagens, carga, transporte e descarga de resíduos em escomboreiras. Estas são também operações que devem ser consideradas no que concerne à produção de poeiras como responsáveis pela propagação de partículas que, associadas ao vento, poderão afectar as populações circundantes (Petravratzi, Kingman, & Lowndes, 2005) (Chaulya, 2005) (Scarselli, Binazzi, & Marunaccio, 2008) (Angulo, Huertas, & Restrepo, 2011) (Mandal, Kumar, Tripathi, & Singh, 2012) (Aneja, Isherwood, & Morgan, 2012) (Degan, Lippeloo, & Pinzari, 2012; Huertas J. I., Huertas, Izquierdo, & González, 2012) (Aneja, Isherwood, & Morgan, 2012) (Campos, Matos, Góis, Dinis, & Baptista, 2014) (Piras, Dentoni, Massacci, & Lowndes, 2014).

Em todas estas operações, o risco de produção de poeira agrava-se com o tempo seco e com o aumento da velocidade do vento (Golbabei, Bargji, & Sakhal, 2004), (Petravratzi, Kingman, & Lowndes, 2005), (Aneja, Isherwood, & Morgan, 2012).

Uma das causas levantadas pela comunidade científica prende-se com o estado de manutenção das vias de circulação, que muitas vezes são de terra batida, o que facilita a propagação de partículas no ar. Apesar de os sistemas de carga e transporte não produzirem partículas, são responsáveis pela sua propagação (Badr & Harion, 2005) (Ghose & Majee, 2007) (Degan, Lippeloo, & Pinzari, 2012).

Minerais industriais

Apesar de não se verificar em todos, os minerais industriais podem conter quantidades variáveis de sílica cristalina. A percentagem de Sílica (“livre”) pode variar entre os 30% verificados na generalidade dos granitos, 80% nos arenitos, 95% nos quartzitos ou até 40% encontrados nas ardósias (NEPSI, 2006). A composição da poeira respirável depende do material que a gerou e pode possuir os mesmos constituintes, no entanto, em proporções diferentes, ou seja, em operações de polimento de um granito, pode-se encontrar entre 15% a 45% de quartzo na fração respirável, enquanto na rocha original o quartzo estava presente entre 30 e 40 % (Gilson, Mantovani, Duarte, & Lopes, 2005) (Bon, 2006) (Freire, et al., 2015).

Agregados

Relativamente à exploração de rocha, os agregados são um material granuloso utilizado na construção e onde a sílica está presente. Anualmente, são produzidos e utilizados na Europa e no mundo milhões de toneladas de agregados. No entanto, grande parte dos produtores no setor são empresas de pequena e média dimensão, o que levanta problemas adicionais de controlo e monitorização dos níveis de sílica (HSE, 2009) (Aneja, Isherwood, & Morgan, 2012).

As poeiras respiráveis provenientes da produção de agregados são prejudiciais para o sistema respiratório, sendo possível a ocorrência de pneumoconiose por poeiras de sílica cristalina e poeiras mistas (Mantovani, Lopes, Gilson, & Uriel, 2005) (Angulo, Huertas, & Restrepo, 2011) (Maciejewska, 2008) (HSE, 2009).

Também as poeiras mistas podem ser classificadas como poeiras com efeitos no ambiente, na saúde ocupacional pelos efeitos fisiológicos que provocam (Petravratzi, Kingman, & Lowndes, 2005) (Aneja, Isherwood, & Morgan, 2012).

Efeitos na saúde

O problema da silicose talvez persiga o Homem desde sempre, apesar de os registos mais antigos conhecidos se deverem a Hipócrates (460-377? a.C.), o qual fez referência a uma doença pulmonar frequente nos trabalhadores da indústria extrativa. Também Agrícola, em 1566 relatou uma doença que ocorria nos trabalhadores que faziam o corte de rochas. A silicose é uma forma de pneumoconiose causada pela inalação de finas partículas de sílica cristalina, foi, no entanto, descrita pela primeira vez por (Ramazzini, 1705).

Apesar de ser conhecida desde a antiguidade, a silicose só é reconhecida como doença profissional desde o início do século XX. Nas décadas de 50 e 60, foram efetuados vários estudos sobre as poeiras e as pneumoconioses em Portugal. No entanto, apenas em 1974, o *National Institute for Occupational safety and Health* (NIOSH) publica um documento focado nos casos de silicose associados à inalação de poeiras, ressaltando-se a necessidade de investigação nesta área, de modo a encontrar formas e medidas preventivas para minimizar os casos de exposição a este agente, bem como, a minimização dos casos de silicose registados (NIOSH, 1974).

O risco de adquirir Silicose depende basicamente de três fatores: concentração de poeira respirável, percentagem de sílica cristalina e duração da exposição. As poeiras respiráveis são, frequentemente, invisíveis a olho nu e são tão leves que podem permanecer no ar por longos períodos de tempo. Dada a capacidade de atravessar grandes distâncias, poderão afetar também trabalhadores que, aparentemente, não estariam em risco.

A sílica cristalina é rígida, quimicamente inerte e tem um elevado ponto de fusão, sendo as características essenciais para várias utilizações industriais, sobretudo, nas indústrias vidreira, da construção, da cerâmica e dos produtos químicos (Maciejewska, 2008) (Scarselli, Binazzi, & Marunaccio, 2008).

Parâmetros como o tamanho, dureza do material constituinte, propriedades físico-químicas da rocha ou mineral predominante e a caracterização do perfil toxicológico são fulcrais para a determinação da nocividade para com o trabalhador exposto (Polichetti, Stefania, Spinali, Trimarco, & Nunziata, 2009) (Campos, Matos, Góis, Dinis, & Baptista, 2014).

Apesar de se verificar nos EUA um declínio no número de casos e mortes, de 1065 para 165 por ano, entre o período 1968 a 2004, a silicose é ainda uma doença profissional onde a maior percentagem de infetados ocorre na indústria extrativa, sendo considerada uma das doenças profissionais mais graves. Estima-se que cerca de 2 milhões de trabalhadores nos estados unidos estejam potencialmente expostos a sílica respirável (Angulo, Huertas, & Restrepo, 2011) (Bang, Wood, White, Hendricks, & Weston, 2015).

A exposição ocupacional a este agente é um dos fatores de risco mais importantes e com maior registo entre as indústrias, em particular a extrativa e associado a doenças do foro cancerígeno (Chaulya, 2005) (Volkamer, et al., 2006) (Maciejewska, 2008) (Silvester, Lowndes, & Hargreaves, 2009) (Degan,

Lippiello, & Pinzari, 2012) (Huertas J. , Huertas, Cervantes, & Díaz, 2014) (Andrade P. C., Luz, Campos, & Lima, 2015) (Bang, Wood, White, Hendricks, & Weston, 2015).

As poeiras podem afetar a produtividade pela diminuição da visibilidade. Podem, igualmente, ao dispersar através da ação do vento, contaminar várias zonas e ir para além do limite da exploração (HSE, 2012) (NEPSI, 2012).

Metodologias de Análise e Valor limite de exposição

De acordo com o Guia de Boas Práticas, o Comité Europeu de Normalização (CEN) e a Organização Internacional de Normalização (ISO) estabeleceram convenções normalizadas para a amostragem de poeiras e aerossóis relacionados com a saúde nos locais de trabalho (EN 481.ISO 7708), adotados também pela norma portuguesa NP 1796:2014, que define os valores limite de exposição para o caso da sílica cristalina respirável num valor limite de exposição de 0,025 mg/m³ que vai ao encontro com o definido pela *Ocupational Safety and Health Administration* (OSHA) nos Estados Unidos e pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH).

Atualmente, existem diferenças no valor limite para a exposição profissional, definidos em cada Estado-membro da União Europeia (NEPSI, 2006). Na Europa, países como Finlândia e Itália utilizam como valor limite de exposição 0,05 mg/m³, considerando as 8 horas de trabalho. Na Polónia, o valor é de 0,3 mg/m³ (IMA, 2017).

No caso de Portugal, analisando e comparando o disposto no Decreto-lei n.º 162/90, de 22 de maio, como na norma NP1796:2014, verifica-se que os valores limite de exposição são bem diferentes entre estes dois documentos, o que suscita dúvidas no valor a adotar. Se, por um lado, o valor da norma é mais preciso e rigoroso, o valor do Decreto-lei é o mais utilizado pela maioria das empresas de medição e é o valor que prevalece em termos legais para a indústria extrativa.

Quanto às metodologias de avaliação de partículas, um dos requisitos impostos pela legislação Europeia e dos EUA, é que sejam baseadas em normas e nos seus protocolos de medição de modo a permitir posterior comparação com o valor de referência indicado.

Na Tabela 1 são apresentadas as concentrações médias dos Valores Limite de Exposição em relação aos trabalhadores.

Tabela 1 - Valores limite de Exposição e efeitos críticos para o poluente - sílica livre cristalina de acordo com o Decreto-lei n.º162/90 de 22 de Maio

Substância/designação	VLE (mg/m ³)	Efeitos Críticos
Partículas respiráveis - Teor em Sílica inferior a 6%	5	Fibrose Pulmonar, Silicose
Partículas respiráveis -Teor em Sílica entre a 6% e 25%	2 (a)	
Partículas respiráveis - Teor em Sílica superior a 25%	1	

(a)Este valor foi considerado devido ao teor de sílica ser superior a 6%, mas inferior a 25% de acordo com o tipo de exploração analisada

Na avaliação da dispersão das partículas, interferem parâmetros como a geografia da exploração, condições atmosféricas, com principal destaque para a direção do vento, coberto vegetal, pluviosidade e o tipo de tarefa realizada. Estes parâmetros revelam-se, assim, fundamentais para uma caracterização real do nível de concentração a que o trabalhador poderá estar exposto (Zawar-Reza, Kingham, & Pearce, 2005) (Huertas J. I., Huertas, Izquierdo, & González, 2012) (Aneja, Isherwood, & Morgan, 2012).

A determinação da percentagem de sílica numa determinada amostragem poderá ser feita de acordo com várias normas NIOSH (EUA) e MDHS/HSE- *Methods for the Determination of Hazardous Substances / Health and Safety Executive* (UK) para a avaliação quer das partículas totais, como respiráveis de sílica cristalina (Petravratzi, Kingman, & Lowndes, 2005) (Angulo, Huertas, & Restrepo, 2011) (Kong, et al., 2011).

2.5.2 Ruído

Caracterização

O som pode ser definido como uma qualquer variação de pressão que o ouvido pode detetar e existe quando determinadas perturbações no meio físico atuam sobre o sistema auditivo, desencadeando um processo cognitivo, que vai desde o ouvido externo ao córtex (Mateus, 2008).

A capacidade auditiva humana apresenta valores diversos mas, em média, pode-se afirmar que o ouvido capta sons desde 20 Hz até aos 20000 KHz, existindo uma gama (audível) de valores onde a sensibilidade auditiva é mais evidente: 500 Hz e 6000 Hz (Nelson, Nelson, Concha-Barrientos, & Fingerhut, 2005).

A sensibilidade auditiva varia consoante o indivíduo e depende de vários fatores como, por exemplo, a idade estado emocional ou rotina de vida do indivíduo (Stansfeld & Matheson, 2003) (Figura 3).



Figura 3 Escala de valores de nível de pressão sonora (Arezes & Miguel, Ruído e Protecção individual auditiva, 2009)

Trata-se de um perigo amplamente conhecido e exaustivamente estudado, uma vez que é inerente a qualquer processo produtivo da maioria dos setores industriais (Lee, Lee, Roh, Won, & Yoon, 2017).

Existem trabalhos conhecidos sobre ruído já desde o século XIX. No entanto, os estudos científicos publicados até 1890 sobre o tema faziam apenas descrições e observações clínicas. Apenas em 1907 se iniciaram os estudos científicos sistemáticos sobre animais vivos em laboratório, com um trabalho apresentado por Wittmack. Este autor descreveu a exposição de cobaias a ruídos breves e de alto nível de

pressão sonora, estudando o resultado histopatológico (Almeida, Albernaz, Zaia, Xavier, & Karazawa, 2000)

Estima-se, em todo o mundo, que cerca de 275 milhões de pessoas sofrem de perda auditiva, onde cerca de 22% são originados na atividade ocupacional (Chadambuka, Mususa, & Muteti, 2013) (Hong, Kerr, Poling, & Dhar, 2013).

Para os trabalhadores cuja exposição ao ruído é igual ou superior a 85 dB(A), o NIOSH recomenda um programa de prevenção que inclui a avaliação da exposição ao ruído, controlo administrativo, utilização adequada de protetores auditivos e avaliações audiométricas, educação e motivação, registos e auditorias, de forma a que as empresas possam encontrar ferramentas para diminuir o número de trabalhadores expostos a níveis de ruído prejudiciais à saúde (Masterson, et al., 2013).

A Diretiva 2003/10/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho a 6 de Fevereiro de 2003, transposta para o Decreto-lei 182/2006, de 6 de outubro, veio reforçar a necessidade da diminuição do ruído através da introdução de Valores Limite de Exposição, inferiores aos praticados até aquela data. Regulamenta os valores limite e de ação no que concerne à exposição pessoal diária de um trabalhador ao nível da pressão sonora e de pico. São consideradas as medições do nível de pressão sonora em nível sonoro contínuo equivalente (LEq) e ponderado em dB(A), em função da exposição do trabalhadores no período ocupacional de 8 horas (Tabela 2).

Os valores limite de exposição considerados são apresentados na Tabela 2. Sempre que estes valores são ultrapassados, devem ser tomadas as medidas adequadas para a sua redução.

Tabela 2: Valor limite de exposição, de ação superior e inferior

	$LE_{Ex,8h}$ dB(A)	LC_{pico} dB(C)
Valor limite de exposição (VLE)	87 dB(A)	140 dB(C)
Valores de ação superior (VAE)	85 dB(A)	137 dB(C)
Valor e ação inferior (VAE)	80 dB(A)	135 dB(C)

(Decreto-lei n.º182/2006 de 6 de setembro)

Ruído na Indústria Extrativa

Comparando com a indústria de fundição, madeira e metalomecânica, cimenteira, têxtil, a indústria extractiva é a que apresenta valores mais elevados. Apresentava os valores comparáveis com o ruído provocado pelo jato dos aviões nos aeroportos (Engel & Kosala, 2007) (Sensogut C. , 2007) (Tak & GM, 2008) (Engdahl & Tambs, 2010) (Onder, Onder, & Mutlu, 2012) (Azman, Yantek, & Alcorn, 2012) (Masterson, et al., 2013) (Kwame, Gyamfi, Amankwaa, Sekyere, & Boateng, 2016). Estima-se que entre 70 a 90% dos trabalhos da IE irão apresentar na idade da reforma, perda auditiva severa (Spencer E. , 2010) (Kwame, Gyamfi, Amankwaa, Sekyere, & Boateng, 2016).

Na indústria extrativa, as fontes principais de ruído são o trânsito das frotas de carga e transporte, os rebentamentos, o arranque dos motores e movimentações das máquinas e, principalmente, o ruído causado pelo impacto do material com os equipamentos metálicos (torvas, britadores e crivos) e outros equipamentos como correias transportadoras (Donoghue A. , 2004) (Sensogut C. , 2007) (Engel & Kosala, 2007) (Mohapatra & Goswami, 2012) (Onder, Onder, & Mutlu, 2012) (Pleban, Piechowicz, & Kosala, 2013).

Tarefas como perfuração, taqueio, detonações apresentam elevado nível de pressão sonora. A carga, transporte e britagem, principalmente o britador primário e a descarga na torva são as que apresentam níveis de ruído mais elevados que diferem dos anteriores pelo seu caráter contínuo (Engel & Kosala, 2007) (Sensogut C. , 2007) (Spencer & Reeves, 2009) (Spencer E. , 2010) (Neto, Rabbani, Junior, Lago, & Freitas, 2012) (Ismail, Daud, Ismail, & Abdullah, 2013).

Entre os equipamentos comumente utilizados na indústria extrativa, o martelo pneumático, o carro de perfuração e o britador de maxilas são os que maior ruído produzem, derivado à natureza do seu funcionamento, por impacto na ou da rocha, chegando o ruído a valores compreendidos entre os 100 e 120 dB(A) (Engel & Kosala, 2007) (Majd & Nassiri, 2008) (Kovalchik, Duda, & Harper, 2009) (Yantek, Peterson, Michael, & Ferro, 2012) (Azman, Yantek, & Alcorn, 2012).

A forma como a tarefa é realizada e as condições de operabilidade do equipamento ou ferramenta de trabalho são fundamentais no que concerne à exposição ao ruído. No caso de equipamentos como *Dumpers* ou Pás carregadoras, o simples facto de as operações da carga e transporte serem realizadas com a janela aberta, automaticamente originam valores superiores aos que ocorreriam se a janela estivesse fechada, 89.2 dB(A) e 73.3 dB(A) respetivamente (Sensogut & Cinar, 2007). Valores equivalentes foram obtidos por Mohapatra & Goswami, (2012), que analisaram as operações de carga e transporte. Faz-se a ressalva que neste estudo os valores obtidos na pá carregadora com a cabine fechada não ultrapassava o Valor de Ação superior (85 dB(A)), o mesmo não se verificava com a janela aberta.

Efeitos na saúde

O ruído ocupacional impõe ao trabalhador fatores sabidamente envolvidos na génese de acidentes do trabalho, como por exemplo: dificuldades de comunicação (na detecção, discriminação, localização e identificação das fontes sonoras, assim como na inteligibilidade da fala), manutenção da atenção e concentração, memória, além do stresse e fadiga excessiva (Donoghue A. M., 2004) (Stansfeld & Matheson, 2003) (Cordeiro, Clemente, Diniz, & Dias, 2005) (Mohapatra & Goswami (2012). Para além desse facto, são inúmeros os casos de Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) espelhados nos diversos estudos científicos sobre o tema (Arezes & Miguel, 2002) (Bauer & Babich, 2004) (Sensogut C. , 2007) (Picard, et al., 2008) (Arezes & Miguel, 2009) (Pandey, Thote, & Singh, 2011) (Onder, Onder, & Mutlu, 2012).

A PAIR é mínima para uma exposição a 80 dB(A), mas cresce à medida que o valor de ruído aumenta. Mas a exposição a valores excessivos de ruído têm outros impactos negativos, nomeadamente a nível do comportamento, com sintomas como nervosismo, irritabilidade, intolerância, agressividade, fadiga e défice de atenção e concentração e dificuldades em dormir (Sensogut C. , 2007) (Arezes & Miguel, 2009) (Pandey, Thote, & Singh, 2011) (Azman, Yantek, & Alcorn, 2012).

Determinação do Ruído

A nível Europeu é através da Diretiva Europeia n.º 2003/10/CE relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos e agentes físicos (ruído). A transposição desta diretiva para o direito interno é realizada através do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro, o qual, entre outras disposições, define novos valores limite de exposição (VLE) e, por conseguinte, estabelece critérios de definição de risco mais restritivos que a anterior legislação em vigor.

Na Tabela 3 são apresentados os valores-limite e de ação, no que diz respeito à exposição pessoal diária e ao nível de pressão sonora de pico, de acordo com o referido no Decreto-Lei n.º 182/2006. A determinação

destes valores deverá ter em conta a atenuação proporcionada pelos protectores auditivos, mas os valores da acção não deverão ter em conta os efeitos decorrentes da utilização dos protectores auditivos. No seu Anexo I encontra-se a referência à correta medição do Ruído no local de trabalho, já no Anexo II é apresentada a lista de equipamentos de medição e respetivas características.

Tabela 3: Níveis sonoros estabelecidos pelo Decreto-lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro

Valores Obtidos	Nível de Risco	Natureza da acção consequente
LEX, 8h < 80 dB (A)	R (Reduzido)	Verificação da exposição a efectuar apenas na eventualidade de alterações ao processo de trabalho.
LCpico < 135 dB (C)		
80 dB(A) < LEX, 8h < 85 dB(A)	M (Médio)	Medidas preventivas de redução da exposição. É necessária a vigilância médica da função auditiva de dois em dois anos. Deverá disponibilizar-se protecção auditiva adequada.
135 dB(C) < LCpico < 137 dB (C)		
85 dB(A) ≤ LEX, 8h < 87 dB(A)	I (Intermédio)	Estabelecimento e aplicação de um programa de medidas técnicas ou de organização do tempo de trabalho. Assegurar a utilização de protectores auditivos. Verificação mínima anual dos níveis de exposição.
137 dB(C) ≤ LCpico < 140 dB (C)		
LEX, 8h > 87 dB(A)	E (Elevado)	Medidas imediatas que reduzam o nível de risco a pelo menos intermédio. Neste tipo de VLE, é tida em consideração a utilização de protetores auditivos.
LCpico > 140 dB (C)		

Deve fazer-se ainda referência à Norma Portuguesa NP EN ISO 9612: 2011 que “define a determinação da exposição ao ruído ocupacional e o seu método de Engenharia”. Como material, deve ser escolhido um conjunto sonómetro/calibrador de acordo com o determinado pelas normas IEC 61672: 2003 e IEC 60942: 2003 respetivamente.

Em Portugal, especificamente na indústria extrativa, no n.º 1 do artigo 140º do Decreto-lei n.º 162/90, são apresentadas medidas adequadas à eliminação, redução e propagação dos ruídos, não podendo ser ultrapassado o valor de 85 dB(A).

2.5.3 Vibrações

Caracterização

A vibração pode ser definida como o movimento oscilatório de um corpo em torno do seu ponto de equilíbrio, o número de vezes que esse ciclo se repete toma a designação de frequência e é medido em Hertz (Hz) (WHO, 2018).

O corpo humano reage de modo diferente à exposição à vibração, dado que cada zona do corpo vibra na sua frequência natural. O incremento de uma fonte de vibração de origem ocupacional, com uma determinada frequência à vibração natural do organismo pode desencadear vários efeitos no organismo, como efeitos neuromusculares, lesões nos ossos, náuseas ou vómitos (Mandal, Kumar, Tripathi, & Singh, 2012) (WHO, 2018).

A vibração pode ser classificada em dois tipos, de acordo com a parte do corpo atingida:

Vibração mão-braço: situam-se na faixa de 8 a 1000 Hz. Considera-se vibração mão-braço as vibrações transmitidas nas tarefas de manuseio com mãos de ferramentas ou equipamentos que geram vibração, como no caso de martelos pneumáticos, volantes de veículos, entre outros. (Donoghue A. , 2004) (Nyantumbu, et al., 2007) (Kunimatsu & Pathak, 2012) (Bernardo, Matos, & Baptista, 2014).

Vibração de corpo inteiro: situam-se na faixa entre 0.5 e 80 Hz. Geralmente ocorrem da utilização de equipamentos móveis, no caso da IECA, na utilização de *Dumpers*, pás carregadores e equipamentos associados às instalações de britagem (WHO, 2018).

A via de transmissão são os pés e o assento (Niekerk & Heyns, 2000) (Donoghue A. , 2004) (Nyantumbu, et al., 2007) (Heaver, Goonetilleke, Fergurson, & Shiralkar, 2011) (Frimpong, Galecki, & Chang, 2011) (Kunimatsu & Pathak, 2012) (Burgess & Foster, 2012) (Bernardo, Matos, & Baptista, 2014).

A comunidade científica considera, em alguns estudos que o risco é elevado aquando o manuseamento direto com equipamentos/ferramentas de vibração (como os martelos pneumáticos) chegando mesmo a valores de vibração que excedem o VLE entre 5 a 6 vezes (Burke, Lawson, Mcgeoch, Miles, & Proud, 2005) (Futatsuka, Shono, Sakakibara, & Quoc, 2005) (Nyantumbu, et al., 2006) (Bernardo, Matos, & Baptista, 2014).

Nos procedimentos de avaliação e classificação das vibrações, deve-se verificar o local de entrada das vibrações no corpo humano, qual a gama de frequências dessas vibrações e os efeitos que essa vibração poderá provocar no corpo humano (Mansfield, Holmlund, Lundstrom, Lenzuni, & Nataletti, 2006) (Bernardo, Matos, & Baptista, 2014).

Vibrações na Indústria extrativa

A exposição a vibrações na indústria extrativa está centrada na utilização de equipamentos, nomeadamente nas operações de taqueio, perfuração e na utilização das frotas de carga e transporte. É transmitida por duas vias principais, mão-braço e corpo inteiro (Niekerk, Heyns, & Heyns, 2000) (Donoghue A. , 2004) (Aye & Heyns, 2011) (Leduc, Eger, Godwin, Dickey, & House, 2011) (Kunimatsu & Pathak, 2012) (Bernardo, Matos, & Baptista, 2014) (Chaudhary, Bhattacharjee, Patra, & Chau, 2015).

Perfuração

Relativamente às operações de perfuração, os equipamentos geralmente utilizados são os carros de perfuração e, eventualmente, os martelos pneumáticos. A utilização dos últimos está associada à vibração mão braço passível de causar dano quando o tempo de exposição é elevado (Niekerk & Heyns, 2000) (Strydom, Heyns, & Niekerk, 2002) (Oddo, Loyau, Boileau, & Champoux, 2004) (Donoghue A. , 2004) (Phillips, Heyns, & Nelson, 2007).

Mais recentemente é comum a utilização de carro de perfuração de perfuração. De acordo com alguns autores, não é na sua utilização que surgem os elevados valores na exposição na vertente mão-braço (Futatsuka, Shono, Sakakibara, & Quoc, 2005) (Astrom , et al., 2006), (Niekerk & Heyns, 2000) onde geralmente se obtêm valores de 0.16m/s^2 (Howard, Seseck, & Bloswick, 2009) e 0.30m/s^2 conforme os autores. Uma justificação provável é o facto de o equipamento estar em posição estacionária aquando a perfuração.

Outros autores (Futatsuka, Shono, Sakakibara, & Quoc, 2005) (Bernardo, Matos, & Baptista, 2014) confirmam que nesta operação os valores são considerados de baixo risco, principalmente na tarefa de perfuração, sendo o valor significativamente mais elevado quando o carro de perfuração se desloca (Bernardo, Matos, & Baptista, 2014) (Chaudhary, Bhattacharjee, Patra, & Chau, 2015).

Alguns dos fatores considerados relevantes são o tipo de broca utilizado e o tipo de rocha que se está a perfurar, estando os valores de vibração também relacionados com estes fatores, principalmente as de corpo inteiro (Chaudhary, Bhattacharjee, Patra, & Chau, 2015). Na mina de ferro que os autores anteriormente

referenciados avaliaram 90% dos trabalhadores, foram expostos a vibrações de corpo inteiro acima do valor recomendado pela ISO 2631-1 (1997), em Portugal definido pela NP EN ISO 2631-1 de 2007.

Sistemas de Carga e Transporte

Os trabalhos realizados pelos sistemas de carga e transporte consistem na limpeza da praça para a carga, no carregamento de *Dumpers*, nas operações de descarga na torva e as viagens entre os pontos de carga e descarga.

Relativamente à utilização de pás carregadoras a pesquisa bibliográfica efetuada mostra alguma divergência nos estudos. Se, por um lado há estudos que demonstram que os valores obtidos não ultrapassam o VLE (0.5m/s^2) (Aye & Heyns, 2011) (Frimpong, Galecki, & Chang, 2011) (Howard, Sesek, & Bloswick, 2009), há estudos que demonstram que este limite é ultrapassado, chegando a valores acima de 2.3m/s^2 . Para além deste facto, é na operação de carga que são registados os valores mais elevados para o corpo inteiro (Vanerkar, Kulkarni, Zade, & Kamavisdar, 2008) (Dentoni & Massacci, 2013) (Bernardo, Matos, & Baptista, 2014).

A mesma discrepância acontece com a identificação do eixo predominante, sendo referidos quer o eixo vertical Z, quer o longitudinal X (Aye & Heyns, 2011) (Dentoni & Massacci, 2013). Bernardo, Matos, & Baptista (2014), constataam que fazendo a medição através das costas (colocado o sensor nas costas do assento), o eixo predominante é o XX e YY nas operações de carga e arrumação do material, e o eixo dos ZZ na tarefa de espera. Fazendo a medição pelos pés, verifica-se que o eixo predominante nas três tarefas é o ZZ.

Os *Dumpers*, são essencialmente utilizados para transporte do material desmontado da zona de desmonte para as centrais de britagem e/ou tratamento. Nestas operações, é unanime na maioria dos autores que os trabalhadores estão sujeitos a valores de vibração acima dos valores limite de exposição (Cann, Salmoni, Vi, & Eger, 2003) (Eger, Salmoni, Cann, & Jack, 2006) (Eger T. , Stevenson, Boileau, & Salmoni, 2008) (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010) (Mandal & Srivastava, 2010) (Chaudhary, Bhattacharjee, Patra, & Chau, 2015).

Da pesquisa efetuada, vários autores fazem a ressalva que para uma melhor caracterização da exposição é importante efetuar o registo das tarefas, dos seus momentos em que ocorrem (registo do início e fim) e condições em que são efetuados (por exemplo nos equipamentos que possuem cabine, o registo de janela aberta ou fechada), o estado das vias de circulação (estado de conservação, tipo de material) e o estado dos equipamentos (Kumar, 2004) (Rehn, Lundstrom, Nilsson, Liljelind, & Jarvholm, 2005) (Leduc, Eger, Godwin, Dickey, & House, 2011) (Salmoni, Cann, & Gillin, 2010) (Smets, Eger, & Grenier, 2010) (Feng-jun & Ji-dong , 2010) (Kunimatsu & Pathak, 2012) (Bernardo, Matos, & Baptista, 2014).

Efeitos na saúde

Vibrações Mão-Braço

Nas vibrações mão braço destacam-se os problemas vasculares, musculoesqueléticos dos braços e mãos e a síndrome do “dedo branco”, provocado pelos espasmos dos vasos sanguíneos e pela alteração da circulação nos dedos das mãos. Em alguns casos os trabalhadores perdem a sensibilidade das mãos e os efeitos começam a sentir-se após 6 meses em utilização contínua com a ferramenta/equipamento (Aldien, Marcotte, Rakheja, & Boileau, 2006) (Astrom , et al., 2006) (Burgess & Foster, 2012) (Dong, Sinsel, Welcome, & Warren, 2015).

Destacam-se também os danos em tendões e músculos entre o pulso e o cotovelo e a síndrome de Raynaud (crises do tipo “dedos mortos”) (Palmer & Bovenzi, 2015) (Figura 4).



Figura 4: Síndrome de Raynaud

Fonte: (Palmer & Bovenzi, 2015)

Problemas a nível ósseo estão também relacionados com a elevada exposição, como por exemplo as artroses e lesões no pulso e ossos da mão (Vanerkar, Kulkarni, Zade, & Kamavisdar, 2008) (Proud, Burke, Lawson, McGeoch, & Miles, 2003) (Mason, Poole, & Saxton, 2003) (Heaver, Goonetilleke, Fergusson, & Shiralkar, 2011) (Burgess & Foster, 2012) (Buhaug, Moen, & Irgens, 2014), bem como, o síndrome do canal cárpico (Burke, Lawson, Mcgeoch, Miles, & Proud, 2005) (Buhaug, Moen, & Irgens, 2014).

A gravidade do efeito das vibrações nesta vertente pode ainda ser influenciada pelo espectro da frequência das vibrações, sua amplitude, tempo de exposição, pelos períodos de trabalho e de descanso e pelo estado de conservação do próprio equipamento (Astrom , et al., 2006).

Vibrações Corpo inteiro

Dos efeitos na saúde das vibrações no corpo inteiro, destaca-se a dor lombar e outras doenças do foro musculoesquelético (Palmer, Griffin, Syddall, Cooper, & Coggon, 2003) (Kittusamy & Buchholz, 2004) (Okunribido, Magnusson, & Pope, 2006) (Bovenzi, et al., 2006) (Frimpong, Galecki, & Chang, 2011) (Burgess & Foster, 2012).

O sintoma mais reportado é a “dor lombar” mas a dor ciática, alterações degenerativas da coluna e a fadiga são também comumente reportadas (Kumar, 2004) (Seidel, 2005) (Okunribido, Magnusson, & Pope, 2006) (Frimpong, Galecki, & Chang, 2011) (Eger T. , Stevenson, Boileau, & Salmoni, 2008) (Aye & Heyns, 2011) (Kunimatsu & Pathak, 2012) (Dentoni & Massacci, 2013).

São referidos também os problemas de visão, do sistema circulatório, a nível cognitivo e problemas digestivos. Esta variedade de problemas depende da predisposição do indivíduo, da intensidade e duração da exposição e das condições do próprio equipamento (manutenção, estado de conservação) e posturas adotadas na realização das tarefas (Cann, Salmoni, Vi, & Eger, 2003) (Seidel, 2005) (Okunribido, Magnusson, & Pope, 2006) (Bovenzi, et al., 2006) (Rehn, Lundstrom, Nilsson, Liljelind, & Jarvholm, 2005) (Vanerkar, Kulkarni, Zade, & Kamavisdar, 2008) (Leduc, Eger, Godwin, Dickey, & House, 2011).

Aliados à vibração, os distúrbios musculoesqueléticos estão também relacionados com a postura do trabalhador ao realizar a tarefa, com os movimentos repetitivos e com o não respeito pelos períodos de

pausa, condições de manutenção do equipamento, condições atmosféricas e com a própria condição física e fisiológica do indivíduo. Faz-se a ressalva da importância na identificação da gama de frequências na qual a vibração ocorre, bem como da sua amplitude e na duração da exposição (Cann, Salmoni, Vi, & Eger, 2003) (Donoghue A. M., 2004) (Eger, Salmoni, Cann, & Jack, 2006) (Eger T. , Stevenson, Boileau, & Salmoni, 2008) (Vanerkar, Kulkarni, Zade, & Kamavisdar, 2008) (Bernardo, Matos, & Baptista, 2014).

Metodologias de Análise e VLE

A Diretiva Europeia 2002/44/EC estabelece os valores limite de exposição para a exposição a vibrações, quer na sua vertente mão-braço, quer na de corpo inteiro. A exposição é determinada tendo em consideração a jornada de trabalho referente a 8 horas e em m/s^2 . A entidade patronal fica obrigada a tomar medidas de minimização imediata sempre que o VLE for ultrapassado (Burgess & Foster, 2012) (Tabela 4).

Relativamente ao enquadramento legal específico da indústria extrativa, importa salientar que o Decreto-lei n.º 162/1990 de 22 de Maio não atribui qualquer valor limite de exposição ou medida de prevenção para o caso das vibrações, provavelmente devido ao facto de ser anterior à diretiva Europeia 2002/44/EC (Tabela 4). Neste caso, deve ser considerado o disposto no artigo n.º 2 do referido decreto que expõe as “*Obrigações da entidade empregadora*”.

As vibrações ocupacionais estão legisladas no território nacional no Decreto-lei n.º 46/2006 de 24 de fevereiro, que transpõe as condições da Diretiva Europeia 2002/44/EC (Tabela 4).

Tabela 4: VLE e VA segundo a Diretiva Europeia 2002/44/EC

Tipo de Vibração	Valor de Ação	Valor Limite de Exposição (VLE)
Mão-braço	2.5 m/s^2	5 m/s^2
Corpo inteiro	0.5 m/s^2	1.15 m/s^2

Relativamente aos protocolos de medição adequados e aos equipamentos comumente utilizados para determinação das vibrações ocupacionais pela comunidade científica, destacam-se:

- Norma Portuguesa NP EN ISO 5349-1 de 2001 referente às vibrações no sistema mão-braço;
- Norma Portuguesa NP EN ISO 2631-1 de 2007 (1997) referente às vibrações de corpo inteiro;
- NP EN ISO 5349-1-2009: Medição da exposição dos indivíduos às vibrações na componente mão braço. Esta norma na sua parte 1 define os requisitos gerais e na sua parte 2 apresenta orientação para as medições nos locais de trabalho.

Os valores de exposição e de ação considerados no enquadramento das vibrações encontram-se descritos no Decreto-Lei n.º 46/2006, no seu Artigo 3.º. Relativamente às vibrações transmitidas ao corpo inteiro, os valores fixados são: valor limite de exposição de 1,15 m.s^{-2} e valor de ação de exposição de 0,5 m.s^{-2} . Para as vibrações do sistema mão-braço é considerado um valor limite de exposição de 5 m.s^{-2} e um valor de ação de exposição de 2,5 m.s^{-2} .

2.5.4 Ambiente Térmico

Caraterização

O corpo humano é um sistema termodinâmico que produz calor e interage com o ambiente circundante. O Ambiente térmico é de inegável importância, no que se refere à melhoria das condições de trabalho e de qualidade de vida dos trabalhadores, e está relacionada um conjunto de variáveis térmicas e meteorológicas do local de trabalho, as quais influenciam as trocas de calor entre o meio e o organismo humano. O conforto térmico pode ser definido como “*condição mental do indivíduo que estabelece o grau de conforto*” (ASHRAE, 2007).

A temperatura do nosso corpo é, na generalidade das pessoas, de 37°C e pode ser bem distinta das condições térmicas do meio. Para manter o sistema em equilíbrio, processo de homeotermia, o homem desenvolveu mecanismos fisiológicos e comportamentais que lhe permitem manter a temperatura constante apesar das variações térmicas exteriores. Sensações como arrepios (ambiente térmico frio) ou transpirações (ambiente térmico quente) são comuns no nosso dia-a-dia e são mecanismos de controlo de temperatura sobejamente conhecidos. A temperatura interna do organismo constitui um indicador do estado de tensão a que o corpo está submetido, e assim uma forma de controlo do *stress* térmico (Donoghue A. M., 2004) (Taylor, 2006) (Sousa, Baptista, & Barbedo, 2011) (Camargo & Furlan, 2011) (Miller & Bates, 2007).

Nas mesmas condições de temperatura, a mesma pessoa pode ter sensações de frio ou de calor, dependendo da roupa que tiver vestida, do tipo de atividade que está a realizar, bem como, da predisposição do indivíduo, de fatores comportamentais e de aclimação (Taylor, 2006) (Miller & Bates, 2007) (Camargo & Furlan, 2011) (Rupp, Vásquez, & Lamberts, 2015).

Assim, a permuta entre o ambiente em que o indivíduo está inserido depende de inúmeros fatores como, a temperatura do ar, temperatura média radiante, humidade relativa a velocidade do ar, o diferencial de temperatura entre o ambiente e o indivíduo, e o grau de exigência da tarefa que está a ser realizada e do tipo de vestuário utilizado (Sousa, Baptista, & Barbedo, 2011) (Rowlinson S. , YunyanJia, Li, & Chuanjing, 2014) (Farshad, Montazer, Monazzam, Eyvazloy, & Mirkazemi, 2014).

De referir ainda que a perceção térmica dos indivíduos altera rapidamente após uma mudança de atividade e de condições térmicas, o que significa que, por mais ínfima que seja a mudança de atividade, esta tem influência na perceção térmica dos indivíduos (Parsons, 2014).

Ambiente Térmico na Indústria Extrativa

Os trabalhadores da indústria extrativa a céu aberto estão sujeitos às condições atmosféricas, temperatura, humidade que poderão variar ao longo do dia, da estação do ano e que podem ser agravadas dependendo da localização geográfica da exploração. Estes fatores aliados à realização de tarefas, muita delas exigentes fisicamente, torna esta temática de especial relevância (Donoghue A. , 2004) (Balbus & Malina, 2009) (Guedes, Baptista, & Diogo, 2011) (Hunt, Parker, & Stewart, 2014) (Yi & Chan, 2014) (Jussila, Rissanen, Manttari, Oksa, & Rintamaki, 2015) (Heidari, Golbabaie, Shamsipour, Forushani, & Gaeini, 2015) (Rupp, Vásquez, & Lamberts, 2015).

Existem vários estudos em minas subterrâneas com foco no ambiente térmico e o seu efeito no trabalhador, onde a questão da ventilação nas galerias e pisos, a produção de gases tóxicos, o aumento da temperatura à medida que a profundidade aumenta, são estudadas sinergeticamente no sentido de melhor compreender o efeito na saúde do trabalhador e na adoção das medidas de melhoria da qualidade ocupacional. A questões

relacionadas com a temperatura dentro dos veículos de perfuração e transporte no interior das minas é outra das questões abordadas (Hassi, Gardner, Hendricks, & Bell, 2000) (Donoghue A. M., 2004) (Miller & Bates, 2007) (Balbus & Malina, 2009) (Zhijun, Jianliang, & Lei, 2011) (Filipova & Hajovsky) (Sousa, Baptista, & Barbedo, 2011).

No entanto, a pesquisa efetuada demonstra uma lacuna quanto à avaliação das condições de ambiente térmico em explorações a céu aberto, onde as condições são completamente distintas (Hassi, Gardner, Hendricks, & Bell, 2000) (Spagnolo & Dear, 2003) (Hunt, Parker, & Stewart, 2014) (Jussila, Rissanen, Manttari, Oksa, & Rintamaki, 2015).

Aliás, os estudos focados no ambiente exterior são centrados praticamente na indústria da construção (Chun, Kwok, & Tamura, 2004) (Rupp, Vásquez, & Lamberts, 2015) ou em espaços exteriores de lazer, como praças e parques (Thorsson, Honjo, Lindberg, Eliasson, & Lim, 2007) (Kenny, Warland, Brown, & Gillespie, 2009) (Oliveira, Vaz, & Andrade, 2014).

Nos trabalhos realizados no exterior deve-se prestar especial atenção não só a fatores como a temperatura, velocidade do vento e humidade, mas também à radiação solar, como ao tipo de tarefa realizada e o tipo de vestuário utilizado (Spagnolo & Dear, 2003) (Oliveira, Vaz, & Andrade, 2014) (Kurazumi, et al., 2011) (Oliveira, Vaz, & Andrade, 2014). Em ambientes frios deve dar-se especial relevância ao tipo de vestuário utilizado pelos trabalhadores das explorações a céu aberto já que estão expostos a grandes variações térmicas, principalmente em locais onde as temperaturas são negativas (Jussila, Rissanen, Manttari, Oksa, & Rintamaki, 2015).

Efeitos na Saúde

Quando deixa de haver equilíbrio entre o corpo e o ambiente, poderá atingir-se o *stress* térmico, ou seja, o estado psicofisiológico a que o indivíduo se submete quando exposto a condições ambientais extremas de frio ou de calor. Este estado pode ser atingido facilmente com o aumento do metabolismo, da temperatura do ar (principalmente quando a temperatura do ar é superior à temperatura do corpo) e diminuição da velocidade do ar (Taylor, 2006) (Guedes, Baptista, & Diogo, 2011) (Sousa, Baptista, & Barbedo, 2011).

Na exposição a ambientes termicos frios, dentro de certos limites, as condições podem ser minimizadas com a adopção de medidas de proteção individual mas, quando se trata de ambientes quentes, a dificuldade acresce de forma gravosa pela dificuldade de baixar a temperatura corporal (Miller & Bates, 2007) (Guedes, Baptista, & Diogo, 2011).

Quando se está sob uma temperatura excessivamente alta ou baixa, estamos perante um fator de *stress* para o nosso organismo, podendo originar várias perturbações físicas e psicológicas, principalmente pelo efeito cumulativo, dependendo da severidade do ambiente e do tempo de exposição (Donoghue A. M., 2004) (Taylor, 2006) (Miller & Bates, 2007) (Chan, Wi, Chan, & Wong, 2013) (Lucas, Epstein, & Kjellstrom, 2014) (Parsons, 2014).

Em situações extremas, podem ocorrer desidratações e/ou subida, e/ou descida brusca da temperatura (hipotermia ou hipertermia) do corpo, queimadura e enregelamento (no caso do frio), pé das trincheiras, alterações respiratórias (Parsons, 2014), golpe de calor, desidratação, erupções da pele. Outros sintomas são os desmaios e problemas do foro cardíaco, não esquecendo que também afeta diretamente a parte psicológica e cognitiva do trabalhador (Donoghue A. M., 2004) (Taylor, 2006) (Miller & Bates, 2007) (Chan, Wi, Chan, & Wong, 2013) (Lucas, Epstein, & Kjellstrom, 2014), Figura 5.

Como consequências do *stress* térmico, destacam-se ainda as vertigens, transpiração muito intensa, dor de cabeça, transtornos fisiológicos, esgotamento físico, fadiga cerebral, capacidade mental e cognitiva reduzida, aumento do tempo de reação, câibras, hipotermia, convulsões (em temperaturas acima dos 41°C) e até a Morte (Miller & Bates, 2007) (Lucas, Epstein, & Kjellstrom, 2014).

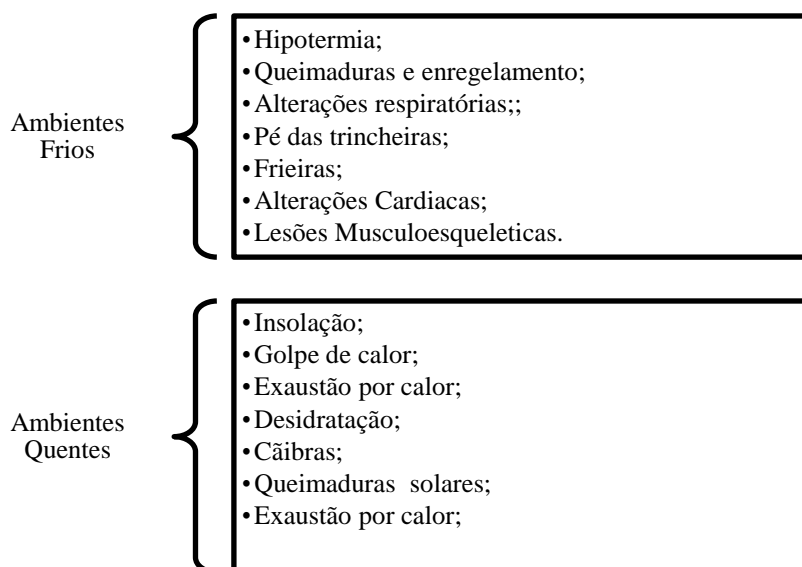


Figura 5: Efeitos na saúde de ambientes frios e quentes
(Webber, Franz, Marx, & Schutte, 2003) (Liang, Zheng, Tian, & Yin Chen, 2011) (Sousa, Baptista, & Barbedo, 2011)

Metodologias de Análise e VLE

Para a avaliação do ambiente térmico, é comum a utilização de vários índices, como o índice de temperatura efetiva, o de temperatura húmida ou de globo, o PMV e o PPD. Todavia, a ACGIH sugeriu a adoção do WBGT como índice de valores limite para o stress térmico, pois era o mais apropriado para utilização industrial, pela facilidade de utilização e por integrar uma referência normativa (Miller & Bates, 2007).

O índice WBGT, por ser de fácil determinação, é o mais utilizado para avaliação em ambientes muito quentes e húmidos ou muito frios e húmidos, podendo utilizar-se os critérios definidos pela norma ISO 7243 (*Hot Environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT*):1989, que refere que o índice WBGT combina a medição de dois parâmetros, a temperatura de bolbo húmido e a temperatura de globo (média radiante), bem como a medição, em algumas situações, de um parâmetro básico, a temperatura seca do ar (Miller & Bates, 2007) (Sousa, Baptista, & Barbedo, 2011) (Rowlinson S., YunyanJia, Li, & ChuanjingJu, 2014).

A avaliação do WBGT, segundo a mesma norma, pode ser determinada tendo em atenção a quantidade de calor produzida pelo corpo da pessoa exposta ao calor, ou seja, o metabolismo energético (Wu, CHEN, & Tian, 2012). O valor de referência para o WBGT em função do metabolismo energético é dado pela O índice PMV é um índice do valor previsível médio dos votos de um grupo de pessoas numa escala sobre a sensação térmica com 7 parâmetros, que vão de +3 quente a -3 frio que pode ser utilizado para situações próximas das de conforto, nomeadamente em ambientes interiores.

Tabela 5).

O índice PMV é um índice do valor previsível médio dos votos de um grupo de pessoas numa escala sobre a sensação térmica com 7 parâmetros, que vão de +3 quente a -3 frio que pode ser utilizado para situações próximas das de conforto, nomeadamente em ambientes interiores.

Tabela 5: Valores de referência do WBGT em relação ao metabolismo (ISO 7243:2017)

Classe Ritmo Metabólico	Ritmo Metabólico M		Valores de Referência do WBGT			
	Relacionado com a área superficial de pele W/m^2	Total (para uma área de superfície corporal média de 1,8, 2) W	Pessoa aclimatizada ao calor °C		Pessoa não aclimatizada ao calor °C	
0 (descanso)	$M < 65$	$M < 117$	33		32	
1	$65 < M < 130$	$117 < M < 234$	30		29	
2	$130 < M < 200$	$234 < M < 360$	28		26	
3	$200 < M < 260$	$360 < M < 468$	Movimento do ar impercetível 25l	Movimento do ar percetível 26	Movimento do ar impercetível 22	Movimento do ar percetível 23
4	$M < 260$	$M > 468$	23	25	18	20

Por sua vez, o PPD é um índice do valor quantitativo previsto da percentagem de pessoas insatisfeitas, isto é, que considerem o ambiente demasiado quente ou frio. Os valores obtidos, cruzados com os valores dos questionários, têm colocado a fiabilidade deste índice em causa.

Para ambientes sem qualquer risco de saúde para o trabalhador, é comum utilizar-se os índices PMV/PPD, descritos pela norma ISO 7730 (*Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*).

Para a obtenção de ambiente térmico neutro, ou conforto térmico, é recomendado que: PPD seja inferior a 10% e PMV esteja compreendido entre -0,5 e +0,5.

A utilização da norma é recomendada para valores de PMV compreendidos entre -2 e +2. O índice PMV é calculado com base no equilíbrio térmico e determinado com base no metabolismo, isolamento do vestuário (Lopes, 2007) (Bogdanović, Stanković, Urosević, & Stojanović, 2016).

De acordo com a mesma norma, os índices PMV e PPD expressam o desconforto causado pelo calor ou pelo frio do corpo no seu todo (Lopes, 2007).

Mais recentemente têm sido desenvolvidos vários índices e metodologias alternativas. Exemplo o índice *Predicted Heat Strain Model* (PHS) (Malchaire, 2006), o *Thermal Work Limit* (TWL) que pretende substituir o WBGT mas que é considerado conservador nos resultados obtidos (Miller & Bates, 2007).

Em ambientes térmicos frios, destaca-se o Índice de Isolamento Térmico do Vestuário Requerido (IREQ), especialmente desenvolvido para atividades realizadas no exterior através da análise de parâmetros como a Temperatura média radiante, a humidade relativa, velocidade do ar e o isolamento do vestuário (Nagano & Horikoshi, 2011) (Parsons, 2014).

A relação entre a produtividade e o conforto térmico (Zhang X., 2007) (Sousa, Baptista, & Barbedo, 2011), o “*TSEN Index*” de avaliação em espaços interiores ou exteriores quentes e húmidos (Liang, Zheng, Tian, & Yin Chen, 2011) tem sido alvo de estudo. Para isso, têm sido cada vez mais utilizadas as simulações em câmaras climáticas, em ambiente controlado ir variando as condições de ambiente térmico (Liang, Zheng, Tian, & Yin Chen, 2011) (Rupp, Vásquez, & Lamberts, 2015).

De ressaltar a constante evolução da investigação neste campo, quer com simulação de situações ocupacionais (com alteração de parâmetros ambientais) em câmaras climáticas (Rupp, Vásquez, & Lamberts, 2015), quer com o desenvolvimento de modelos de termorregulação que irão permitir cada vez mais a aproximação entre os índices e modelos à realidade ocupacional (Guedes, Baptista, & Diogo, 2011) (Rowlinson S. , YunyanJia, Li, & ChuanjingJu, 2014) (Rupp, Vásquez, & Lamberts, 2015).

Normas técnicas

A nível internacional, foram já desenvolvidas diversas normas de apoio à avaliação das condições de ambiente térmico por diversos organismos como o *International Organization for Standardization* (ISO), *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers* (ASHRAE), ACGIH, *American Industrial Hygiene Association* (AIHA), *Institut National de Recherche et de Sécurité* (INRS), OSHA, NIOSH.

Ambientes térmicos Frios:

ISO 9886: 2004. “*Evaluation of thermal strain by physiological measurements*”;

ISO 13732-3: 2005. “*Ergonomics of the thermal environment -- Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces -- Part 3: Cold surfaces*”;

ISO/TR 11079:2007, “*Evaluation of Cold Environments – Determination of Required Clothing Insulation (IREQ)*”.

Ambientes térmicos Quentes:

ISO 7243:2017, “*Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT – index (“WetBulb Globe Temperature”;*ISO)– ISO – 2017 define uma metodologia aplicável em ambiente industrial, para a avaliação do stresse térmico. Esta norma é a mais adequada para aplicação na indústria extrativa, dada a grande amplitude térmica que poderá haver num só dia. Com esta metodologia, analisa-se o efeito da temperatura a que o trabalhador está sujeito durante o período de trabalho, mas não se aplica à avaliação de stresse térmico sofrido durante períodos muito curtos de tempo, nem para a avaliação de stresse térmico próximos de zonas de conforto.

ISO 7933:2004, “*Hot environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate*”;

ISO 9886:2004, “*Evaluation of thermal strain by physiological measurements*”;

ISO/FDIS 7933: 2004, “*Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain*”, especifica a metodologia de avaliação analítica e interpretação do stresse térmico experimentado pelo trabalhador num ambiente quente. Descreve o método de cálculo do balanço térmico, assim como o nível de sudação que o corpo deveria produzir para manter esse balanço em equilíbrio.

Ambientes Moderados

ISO 10551:1995, “*Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgments scales*”;

ISO 9886: 2004, “*Evaluation of thermal strain by physiological measurements*”;

ISO/TS 13732-2: 2001, *“Ergonomics of the thermal environment-Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces-Part 2: Human contact with surfaces at moderate temperature.*

ISO 7730: 2005, *“Moderate Thermal Environment – Determination of the PMV and PPD Indices and Specification off the Conditions for Thermal Comfort”.*

3 INDÚSTRIA EXTRATIVA

3.1 Enquadramento Legal da atividade

Como primeiro ponto de análise, de referir o Decreto-Lei n.º 54/2015 de 22 de junho que disciplina o regime jurídico de revelação e aproveitamento de bens naturais existentes na crosta terrestre, genericamente designados por recursos geológicos, integrados ou não no domínio público, com exceção das ocorrências de hidrocarbonetos. Nele se referem:

- Águas de nascente;
- Recursos hidrominerais;
- Recursos geotérmicos.
- Depósitos minerais: *“quaisquer ocorrências minerais que, pela sua raridade, alto valor específico ou importância na aplicação em processos industriais das substâncias nelas contidas, se apresentam com especial interesse económico”*;
- Massas minerais: *“quaisquer rochas e outras ocorrências minerais que não apresentem as características necessárias à qualificação como depósitos minerais”*;

Não se integram no domínio público do Estado, podendo ser objeto de propriedade privada ou outros direitos reais, os recursos geológicos designados por:

- Massas minerais;
- Águas de nascente.

O presente trabalho foca-se nas explorações a céu aberto quer abrangidas pelo diploma anterior, quer pela exploração de massas minerais, enquadrada, do ponto de vista legal, pelo Decreto-lei n.º 207/2001, de 6 de outubro.

A exploração de pedreiras é caracterizada e enquadrada, do ponto de vista jurídico, pelo Decreto-lei n.º 207/2001, de 6 de outubro. Entre muitos outros aspetos, este diploma especifica, de forma muito clara nos seus anexos (por exemplo no Anexo VI) quais os elementos necessários para se proceder ao licenciamento de uma pedreira, seja esta de rochas industriais, ou de rochas ornamentais.

Contudo, este diploma revelou-se demasiado exigente, ao pretender regular, através de um regime único, um universo tão vasto e diferenciado, como é o do aproveitamento das massas minerais das diversas classes de pedreiras, pelo que foi atualizado pelo Decreto-Lei n.º 340/2007, de 12 de outubro que tem, como objetivo essencial, adequa-lo à realidade do setor. Das alterações introduzidas pelo novo diploma, salienta-se o restabelecimento do princípio do interlocutor único, a clarificação da intervenção e das competências fiscalizadoras das diferentes entidades e a criação de instrumentos legais com abordagens técnico-administrativas mais eficazes e de reconhecida sustentabilidade técnica e ambiental, tais como as figuras dos projetos integrados e dos planos trienais.

Dado que muitas pedreiras estão dotadas de oficinas de transformação de rochas ornamentais e de instalações de britagem no caso de rochas de carácter industrial, ao regime de licenciamento das pedreiras, aplica-se o Decreto-lei n.º 209/2008, de 29 de outubro, referente ao regime de Licenciamento Industrial.

O Decreto-lei n.º 209/2008, de 29 de Outubro estabelece o regime de exercício da atividade industrial (REAI), com o objetivo de prevenir os riscos e inconvenientes resultantes da exploração dos

estabelecimentos industriais, visando salvaguardar a saúde pública e dos trabalhadores, a segurança de pessoas e bens, a higiene e segurança dos locais de trabalho, a qualidade do ambiente e um correto ordenamento do território, num quadro de desenvolvimento sustentável e de responsabilidade social das empresas.

3.2 Regulamentação de Segurança e Saúde Aplicável à IECA

Em matéria de segurança e saúde no trabalho, o exercício da atividade profissional na indústria extrativa é uma atividade classificada como sendo de risco elevado pelo disposto no artigo 79.º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, que regulamenta o regime jurídico da promoção e prevenção da segurança e da saúde no trabalho, de acordo com o previsto no artigo 284.º do Código do Trabalho, no que respeita à prevenção. Este risco está intimamente associado à utilização de explosivos, bem como ao facto de os trabalhos de pedra decorrerem, na sua maioria, no exterior e sob a influência de diversos fatores tais como: movimentação de equipamentos, ruído, poeiras, condições adversas, projeções, entre outros.

No contexto sectorial, a regulamentação de Segurança e Saúde do Trabalho para o sector extrativo, tem por base a seguinte legislação:

Decreto-lei n.º 162/90, de 22 de maio, que aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras. Este diploma é de extrema importância já que é o único específico para esta atividade que aborda, de forma muito completa, todos os aspetos fundamentais para a prevenção de riscos profissionais e combate em caso de acidente ou situações de emergência.

O Regulamento supracitado deve ser articulado com o Decreto-lei n.º 324/95, de 29 de novembro, que transpõe para a ordem jurídica interna as Diretivas n.ºs 92/91/CEE, de 03 de novembro e 92/104/CEE, de 3 de dezembro, relativas às prescrições mínimas de saúde e segurança a aplicar nas indústrias extrativas por exploração a céu aberto ou subterrâneas. Este diploma está regulamentado pelas duas portarias seguintes:

Portaria n.º 198/96, de 04 de junho, que regula as prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais de trabalho das indústrias extrativas a céu aberto ou subterrâneas;

Portaria n.º 197/96, de 04 de junho, que regula as prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais e postos de trabalho das indústrias extrativas por perfuração.

Ainda em contexto sectorial, o Decreto-lei 340/2007, define “ *«Pedreira» como o conjunto formado por qualquer massa mineral objeto de licenciamento, pelas instalações necessárias à sua lavra, área de extração e zonas de defesa, pelos depósitos de massas minerais extraídas, estêreis e terras removidas e, bem assim, pelos seus anexos*” e “ *«Anexos de pedreira» as instalações e oficinas para serviços integrantes ou auxiliares de exploração de massas minerais e exclusivamente afetos àquela atividade, nomeadamente as oficinas para a manutenção dos meios mecânicos utilizados, as instalações para acondicionamento das substâncias extraídas, para os serviços de apoio imprescindíveis aos trabalhadores, bem como os estabelecimentos de indústria extrativa*” Em matéria de prevenção de riscos profissionais importa incluir, a Portaria n.º 53/71, de 3 de Fevereiro que Aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais, com as alterações da Portaria n.º 702/80, de 22 de Setembro.

Sem prejuízo das demais legislações em matéria de prevenção de riscos ocupacionais, as referências supracitadas são a base legal sectorial para a exploração de pedreiras.

3.3 Breve Caraterização do Processo Produtivo na IECA

O processo produtivo na indústria extrativa a céu aberto inicia-se geralmente com as operações de desmatagem e descobra do terreno:

A desmatagem consiste na retirada de toda a camada arbórea e arbustiva das zonas a explorar. Deve ser efetuada anualmente antes da primavera. Este processo é efetuado com o recurso a motosserras

Figura 6 a e b), machados, guinchos, escavadoras, tratores e camiões. Como esta operação não está diretamente ligada ao processo produtivo, nem é uma tarefa de rotina, é geralmente efetuada com o recurso à contratação externa de operadores especializados no abate de árvores e limpeza florestal.

O processo seguinte, a descobra, quando corretamente executada corresponde a duas operações distintas:

1. Remoção da camada superficial de solo, necessário para posterior recuperação ambiental do local. Esse armazenamento deve ser efetuado em pargas devidamente dimensionadas, de modo a que esse solo mantenha o máximo das suas características durante o tempo que medeia entre a sua remoção e posterior reutilização. A superfície da parga deve ser objeto de uma sementeira, por forma a evitar o seu arrastamento quando de ocorrências pluviais. Quanto à localização, a parga deve estar implantada em local em que os seus materiais não corram o risco de serem arrastados por eventuais escorrências. A parga deve ainda ser ladeada por uma vala que evite o contacto com águas provenientes do exterior e retenha eventuais escorrências com origem na própria parga. Nesta operação, os equipamentos utilizados são uma pá frontal e um camião ou *Dumper*.
2. Remoção da camada superficial de rocha, a qual apresenta normalmente um grau de alteração que inviabiliza a sua utilização industrial. Estes materiais podem ter como destino um depósito final ou um armazenamento temporário para futura utilização, por exemplo, na recuperação paisagística e ambiental do local. Este armazenamento deve ser efetuado próximo do local da sua posterior utilização, por exemplo, para recuperação ambiental e paisagística. Quanto aos equipamentos utilizados, para além de *Dumpers* para assegurar o transporte dos materiais, podem ser utilizados em conjunto, ou em alternativa, pás carregadoras, giratórias ou *rippers* (Figura 7 (a)(b)(c)).



Figura 6 (a e b): Corte de árvore¹¹.

¹¹ <http://www.cabedovila.es/es/inicio/>



Figura 7. Pá carregadora¹² (a), Giratória¹³ (b) e *ripper* (c)

Desmante

O desmante de rocha pode ser mecânico ou com recurso a explosivos. A escolha do método depende do destino final do produto (rocha ornamental ou agregados), da localização da exploração (distância a zonas habitadas) e das características da rocha.

Na extração de “rocha ornamental” ou “pedra natural”, a utilização de explosivos é limitada a condições específicas do maciço rochoso e quando os métodos mecânicos não têm viabilidade económica. Dos métodos mecânicos, a utilização do corte por fio diamantado é, talvez, o método mais comum (Figura 8).

Na extração de rocha industrial, o desmante mecânico, pelo seu elevado consumo energético, apenas é utilizado quando o desmante por explosivos não é viável. Esta inviabilidade pode ser devida a vários fatores, nomeadamente a proximidade a zonas habitadas ou ao facto de as características do maciço rochoso inviabilizarem o desmante por explosivos. As soluções mais comuns são, respetivamente, a utilização de martelos hidráulicos e o uso de *rippers* (Figura 9 e Figura 7 (c)).



Figura 8: Corte por fio diamantado¹⁴

¹² https://www.finning.com/es_AR/products/new/equipment/wheel-loaders/medium-wheel-loaders/18384166.html

¹³ <https://autoline.pt/-/venda/escavadoras-de-lagartas/CATERPILLAR-330--14101103043846560600>

¹⁴ <http://www.dazzinimacchine.com/uk/diamond-wire-machines-for-marble/s800a-diamond-wire-cutting-machine.asp>



Figura 9: Martelo hidráulico¹⁵

No desmonte com recurso a explosivos, a operação inicia-se com a marcação do local dos furos, de acordo com um “diagrama de fogo” pré estabelecido (Figura:10). Segue-se a operação de furação, a qual é geralmente realizada numa linha paralela à frente em exploração. Esta operação é realizada com o recurso a um carro de perfuração (Figura 11). que vai realizando furos na rocha com a profundidade e inclinação definidas no referido “diagrama de fogo” Os explosivos com características pré-definidas são depois colocados nos furos. Faz-se a ressalva que devem ser cumpridos os requisitos dispostos na legislação e normas técnicas em vigor.



Figura:10 (a e b): Carro de perfuração

¹⁵ <http://www.archiexpo.fr>



Figura 11:Carro de perfuração

O “diagrama de fogo” é a peça mais importante do projeto de desmonte. Nele são definidas as principais variáveis (distância entre furos, afastamento à frente e características dos explosivos). O “diagrama de fogo” vai determinar a “curva granulométrica” do material desmontado. Nesta operação a colocação de explosivos é efetuada por operadores com formação específica e autorizados para o efeito. O transporte de explosivos até à bancada a desmontar, é efetuado em viatura própria, devidamente licenciada para o efeito (Figura 12).

Antes de se iniciar o carregamento dos furos, todos os operadores e equipamento não necessários à execução da tarefa deverão manter-se a uma distância de pelo menos 150 m da frente de desmonte (artigo 101 do Decreto-lei 162/90 de 22 de maio). O operador de fogo para além das atividades previstas tem a função de impedir procedimentos perigosos (de acordo com Capítulo XII do Decreto-lei 162/90, de 22 de maio) (Figura 12, Figura 13). Do mesmo modo, todas as pessoas não indispensáveis à tarefa devem sair do local onde se está a processar o carregamento dos furos com explosivos.

Após a colocação dos explosivos e a colocação e ligação dos detonadores, é efetuada a verificação de todo o circuito e dado o sinal sonoro de segurança de forma a todos os operadores se afastem para uma distância de segurança adequada.



Figura 12: Colocação de explosivos



Figura 13 (a e b): Colocação de explosivos

Após o rebentamento, deve ser dado o tempo necessário a que toda a poeira gerada assente e que todas as condições de segurança sejam restabelecidas (nomeadamente a verificação de tiros falhados) antes de se retomarem os trabalhos de carga e transporte do material desmontado para o seu destino.

Os blocos com dimensões superiores às recomendadas para a operação subsequente, permanecem na “frente de desmonte”. Estes blocos podem ser reservados para utilizações específicas (enrocamento, proteção de taludes, entre outros) ou fragmentados para dimensões utilizáveis no destino inicialmente previsto numa operação designada geralmente por “taqueio”.

Carga, transporte e descarga

Para estas operações são utilizadas frequentemente pás frontais, pás giratórias e camiões ou *Dumpers* (Figura 14). O material desmontado na frente de desmonte é carregado com uma pá frontal ou giratória para um *Dumper* ou camião que, por sua vez, transporta esse material para o local de destino, a torva do britador primário, a escombreira ou para um outro destino previamente estabelecido. O material com dimensões superiores às de entrada do britador primário é separado e reservado ou submetido a uma operação de taqueio. (Figura 15).

A pá carregadora (frontal ou giratória) que se encontra na frente de desmonte tem como funções, para além da carga dos *Dumpers* e da separação dos blocos de maiores dimensões, a arrumação do material desmontado e o saneamento da frente de desmonte (remoção dos blocos soltos e com risco de cair no talude). Estas duas operações são fundamentais uma vez que, entre outras vantagens, (1) facilitam as operações de carga, (2) minimizam o desgaste dos pneus das viaturas que circulam na zona da frente de desmonte, (3) permitem evitar a “queda de pessoas ao mesmo nível” e minimizar os danos, caso essas quedas ocorram, (4) permitem ainda evitar acidentes provocados pela queda de blocos soltos nos taludes e (5) minimizar a necessidade de eventuais operações de limpeza de blocos soltos caídos da frente (6) e dos custos que essas operações não planeadas podem acarretar. É de notar que a circulação dos *Dumpers* entre a frente de desmonte e o destino se faz, tipicamente, em caminhos construídos ao longo de frentes de desmonte desativadas.

Em frentes de desmonte localizadas em bancadas mal desenhadas e/ou sem espaço adequado para manobrar os equipamentos (Pás e *Dumpers*) pode existir o risco de queda das bancadas onde estes se encontram a operar.



Figura 14: Operação de carga



Figura 15: Operação de taqueio

Como foi referido, a circulação de *Dumpers* faz-se ao longo de caminhos construídos ao longo de antigas frentes de desmonte (Figura 16). As boas práticas ditam que, caso esses caminho não possuam largura

suficiente para o cruzamento em segurança de dois *Dumpers*, devem possuir locais específicos para o cruzamento de viaturas, caso o ritmo de circulação o justifique.



Figura 16: Operação de transporte

Na operação de descarga do minério na torva do britador primário, o Dumper faz uma deslocação em marcha-a-trás que exige precisão de manobra no sentido em que toda a carga caia nessa mesma torva. Nesta operação existe o risco de queda do *Dumper* na torva. Para o evitar é fundamental a existência de uma estrutura que impeça a sua progressão. Normalmente essa estrutura é um pequeno murete em aço, betão armado ou madeira maciça.

Quando o destino do material é uma escombreira com avanço em talude, a descarga deve ser efetuada a uma distância segura desse mesmo talude. Tratando-se de depósitos de material desagregado, o próprio peso do veículo pode originar uma derrocada da bordadura. A colocação do material no talude é efetuado posteriormente com o recurso a uma pá frontal ou um *bulldozer*.

Central de Britagem

Torva

A torva é uma estrutura de armazenamento de curto prazo dos materiais provenientes das zonas de exploração (Figura 17). Tem por função permitir que uma operação descontínua decorrente de descargas pontuais de *Dumpers*, se transforme numa alimentação em contínuo, necessária para a garantia da qualidade e homogeneidade dos produtos resultantes das operações de cominuição. Por outras palavras, a torva tem uma alimentação pontual e uma descarga tendencialmente em contínuo no primeiro equipamento de fragmentação, o britador primário.

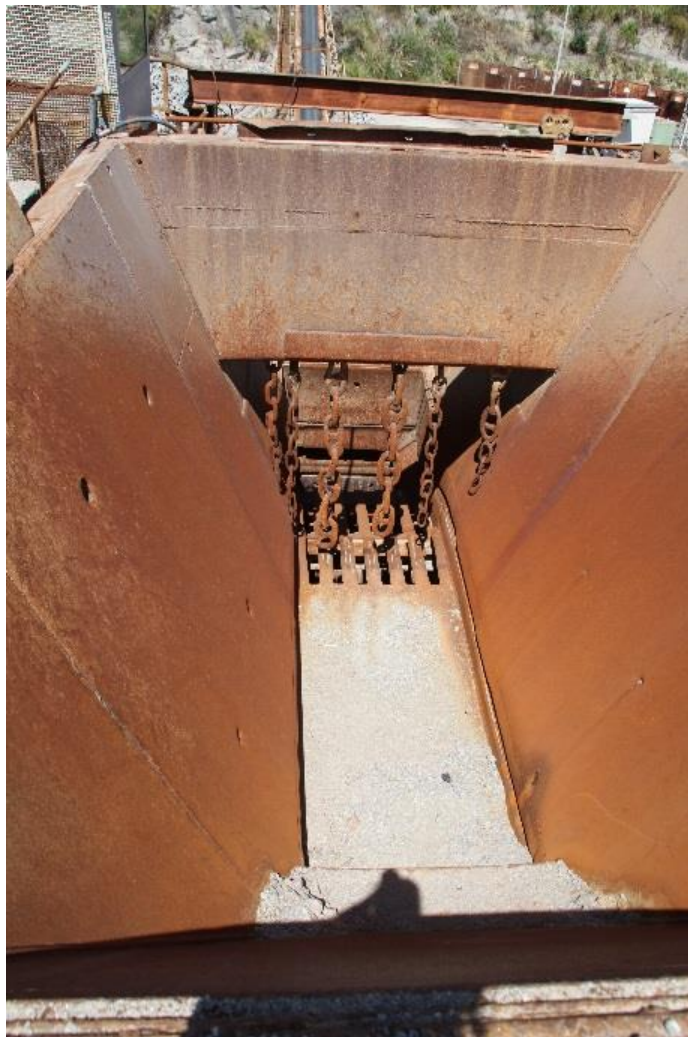


Figura 17: Torva

Sob a torva é instalado um alimentador com o fundo constituído por uma grelha, que tem o duplo objetivo de garantir uma alimentação constante ao processo subsequente de fragmentação e impedir que produtos de menor calibre e mais contaminados prossigam na cadeia de produção. Estes produtos mais finos, designados genericamente como “terras”, são retirados do local para um armazenamento temporário, com o auxílio de uma tela transportadora. Os materiais mais graúdos são descarregados num equipamento para uma fragmentação primária. Todo este processo é controlado por um operador que está, normalmente

instalado numa cabine junto a este conjunto de equipamentos (Figura 18). O papel fundamental deste operador é o de manter um caudal de alimentação ao britador primário estável e, ao mesmo tempo, evitar que esse equipamento encrave por excesso de alimentação ou pela entrada de blocos de maior dimensão. Em caso de encravamento do Britador Primário por um bloco de maiores dimensões, o desencravamento é, normalmente, efetuado com o auxílio de uma pequena grua instalada no local, a qual também pode ser utilizada no processo de substituição das forras do primário (Figura 19).

Primeiro estágio de fragmentação

Este primeiro estágio de fragmentação pode ocorrer junto à frente de desmonte ou junto à restante instalação de cominuição. Em qualquer dos casos é boa prática a existência, entre este estágio e os seguintes, de uma segunda estrutura de armazenamento (pré-stock) que tem por objetivo garantir que a alimentação dos processos seguintes de tratamento dos produtos se faz em contínuo e sem interrupções.



Figura 18: Operação de descarga na torva

Em caso de necessidade de desencravamento do britador primário, este e toda a estrutura que lhe está associada a montante (alimentador e tela de terras) e a juzante (tela de descarga) devem ser desligados de modo a permitir que a operação de desencravamento se faça nas melhores condições de segurança (Figura 19). Caso seja necessário a entrada de um operador dentro da boca do “primário”, este deve ter colocado um arnês e estar preso a uma estrutura fixa que garanta que não existe risco de desprendimento em caso de queda do operador. O cabo que prende o operador à estrutura deve ter o comprimento mínimo necessário para assegurar uma operação de desencravamento em boas condições.

Processos de fragmentação secundária

Os produtos armazenados no pré-stock são transportados de forma contínua, normalmente via tela transportadora para as instalações onde se faz o processamento final da matéria prima. Este processamento vai depender das características do produto final pretendido. Nesta medida, essa transformação de produtos poderá ir desde a simples fragmentação e classificação granulométricas até complexos processos de transformação física e química, de acordo com o minério e produto final pretendido.



Figura 19. Britador, operação de desencravamento

No caso do fabrico de agregados para a construção civil (que corresponde ao subsetor com maior volume de produção), o processo integra um ou vários estágios de fragmentação e classificação, de onde saem diretamente os produtos finais, constituídos por vários lotes de diferentes classes granulométricas (Figura 20, Figura 21). Esse produto britado é então disposto em pilhas de *stock* ou em silos para expedição. No caso de o armazenamento se fazer em silos é efetuada a descarga direta nos camiões de distribuição. No caso de o armazenamento se fazer em pilhas, a carga dos camiões para expedição é efetuada com o auxílio de uma pá frontal (Figura 22).



Figura 20: Telas transportadoras e crivos



Figura 21: Moinho



Figura 22: Expedição de material

3.4 Objetivos da Tese

Com a visão de que a origem da sinistralidade não advém de uma única causa, mas de uma multiplicidade de fatores, torna-se crucial conhecer cada um deles no sentido de se poder atuar na redução dos riscos que lhes estão inerentes, quer ocupacionais quer ambientais. Pelos impactos que estão associados à indústria extrativa, as melhorias das condições de trabalho refletem-se no ambiente e na sociedade, contribuindo assim fortemente no sentido de um desenvolvimento sustentável.

A utilização de métodos de base Matricial ou de Bandas de Controlo, esta última expressão mais usada a nível internacional, está amplamente difundida e afirmada entre os técnicos de segurança, pela sua simplicidade e facilidade de implementação. No entanto, estas metodologias têm um problema de base que é o da falta de fiabilidade e reprodutibilidade destes métodos. Assim, para o desenvolvimento deste trabalho, colocou-se a seguinte Hipótese:

- Se os descritores dos parâmetros de um método matricial constituírem um contínuo com opções inequívocas e sem intervalos entre elas, é possível ultrapassar ou, pelo menos, minimizar a subjetividade do método e obter reprodutibilidade nos resultados.

Neste sentido, a tese que agora se apresenta pretende desempenhar um papel importante na redução da sinistralidade, testando a Hipótese apresentada e estabelecendo o seguinte objetivo central:

- Desenvolver um instrumento de avaliação de riscos, devidamente aferido para a indústria extrativa, que minimize a subjetividade nos critérios de avaliação.

Com o intuito de sistematizar a concretização deste objetivo principal, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e caracterizar de forma exaustiva os diferentes processos e práticas inerentes à IECA;

- Identificar de forma exaustiva todos os fatores com potencial de dano, em termos de lesão para o corpo humano, ou de danos para a saúde dos trabalhadores;
- Definir critérios de avaliação dos riscos de acidentes ocupacionais, abarcando, de forma sistemática, todo o ciclo produtivo;
- Definir critérios adequados de avaliação dos riscos específicos da IECA para cada um dos processos e práticas identificadas;
- Validar a metodologia adotada.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Faseamento da Metodologia de Avaliação de Risco na IECA

A metodologia que em seguida se apresenta visa facilitar a tarefa de avaliação dos riscos de acidente inerentes à indústria extrativa a céu aberto. O método parte dos conceitos definidos na Norma ISO 31000:2018 e propõe a avaliação, o controlo e a gestão dos riscos em três fases distintas.

Sendo a identificação de perigos a primeira abordagem de um problema de segurança ocupacional, é a observação sistemática de todos os aspetos inerentes ao processo produtivo que irá permitir identificar aqueles que são suscetíveis de causar danos ou lesões. Nessa análise, deve ser considerada a possibilidade de os riscos serem eliminados e, se tal não for possível, quais as medidas de prevenção ou proteção que existem, ou deveriam existir no sentido de eliminar ou minimizar cada um (OSHA, 2009b).

A avaliação do risco de acidente na indústria extrativa a céu aberto foi desenvolvida de acordo com o modelo esquematizado na Figura 23.



Figura 23: Metodologia adotada para a avaliação do risco de acidente na IECA

Identificação de Práticas e Processos: foi efetuado um levantamento sistemático das práticas e processos identificados da atividade decorrente na IECA. Para tal, recorreu-se a bibliografia da especialidade, pesquisa bibliográfica sobre atividades específicas e visitas efetuadas a explorações a céu aberto. O levantamento efetuado considerou o faseamento com que normalmente decorre o processo produtivo, as tarefas inseridas em cada um dos processos e as suas principais características, quer de execução, quer dos equipamentos e materiais utilizados, práticas de trabalho adotadas e o número de pessoas expostas. Foi efetuado um registo fotográfico de todas as tarefas e procedimentos identificados.

Foi construído para o efeito uma grelha de análise com objetivo de auxiliar as observações e registos em campo (ver apêndice 1). Esta grelha serviu de suporte para todas as fases da metodologia e foi sendo complementada à medida que as fases de avaliação foram sendo desenvolvidas.

Identificação de Perigos: de acordo com o levantamento efetuado no ponto anterior, foi, para cada uma das tarefas identificadas, efetuado o levantamento dos perigos, eventos desencadeadores, riscos e possíveis consequências em termos de dano para o trabalhador (Tabela 8, Tabela 9, Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12). Considerou-se a sinergia entre equipamentos e/ou materiais, processos, organização do trabalho, ambiente, métodos operacionais, pessoas e circunstâncias em que ocorre determinada tarefa. Para cada uma dessas situações foi ainda verificada a frequência com que ocorre a tarefa em si, a tipologia de equipamentos de proteção individual, proteção coletiva e organizacional (ver apêndice 1).

Avaliação do Risco de Acidente: com os levantamentos efetuados nos dois últimos pontos, foi construída uma base de dados em Excel (ver apêndice 2) onde estão descritos para cada processo e subprocesso, os perigos associados, os eventos desencadeadores e os riscos. Nessa mesma base encontram-se os parâmetros de avaliação da metodologia adotada: Gravidade, Extensão do Impacte, Frequência, Desempenho do Sistema de Prevenção e controlo e Critérios de priorização da intervenção.

Implementação da Metodologia, Teste e Validação: que correspondeu à fase de tratamento dos dados recolhidos. É nesta tarefa que foram:

- Tipificados os diferentes fatores que poderão estar na origem de acidentes de acordo com a sua origem e com a tarefa e/ou equipamento utilizado e subprocesso;
- Estabelecidos os processos e critérios de avaliação de cada um desses fatores, de forma a minimizar a subjetividade na sua avaliação;
- Identificadas as eventuais relações existentes entre os diferentes fatores que estão na origem ou que podem ser potenciadores de acidentes e/ou doenças;
- Determinadas as relações entre as diferentes operações unitárias do processo produtivo e os fatores potencialmente causadores de acidente e/ou doença.

4.2 Ferramentas de Apoio à Caracterização das Entidades

De forma a auxiliar a descrição do processo produtivo de cada empresa, foi desenvolvida uma grelha de identificação que, para além dos dados gerais (Tabela 6) com base no Inquérito Único de Pedreiras¹⁶, constam campos para preenchimento sobre o processo produtivo, tipo de espaços físicos existentes, identificado o tipo de exploração e rocha explorada (Tabela 7).

Aquando o preenchimento da Tabela 6 deve ser identificado o tipo de exploração. Considerou-se somente as explorações cujo processo produtivo é realizado ao ar livre (céu aberto), podendo tratar-se de uma exploração mineral (mina) ou de rocha (pedreira) e o tipo de desmonte adotado: com recurso a explosivos ou desmonte mecânico.

No que respeita ao tipo de produto produzido, deverá ser identificado se se trata de uma exploração industrial ou ornamental, pois estas diferem no que respeita ao processo produtivo.

¹⁶ <http://www.dgeg.gov.pt?cr=12153>

Os procedimentos de gestão do risco têm início na elaboração de um diagrama do processo produtivo, no qual deverão estar identificados, para além de todos os processos, as respetivas interações e interdependências. Em cada um dos processos, são identificados todos os perigos e fatores/ações com potencial de causar dano.

Tabela 6: Caracterização da empresa



1. Identificação da Empresa			
<i>Nome</i>			
<i>Morada</i>			
<i>Contactos</i>		Telefone:	Fax: Email:
<i>Horário de funcionamento</i>			
Outros aspetos considerados importantes		(Por exemplo, se a empresa tem trabalho por turnos)	

Tabela 7: Caracterização da exploração



2. Caracterização da Exploração			
<i>Tipo de exploração</i>			
<i>Tipo de rocha extraída</i>			
<i>Tipo de produtos produzidos</i>			
<i>Área de exploração</i>			
<i>Produção média (nos últimos 2 anos)</i>			
<i>Capacidade máxima instalada</i>			
<i>Espaços Físicos</i>	<i>Tipo</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Principais Caraterísticas</i>
	Instalações de transformação (ex. britagem, crivagem, moagem)		
	Serralharia		
	Oficinas		
	Stock de materiais		
	Paiol		
	Depósito de gás		
	Depósito de combustíveis		
	Energia/postos de transformação		
	Escritórios		
	Laboratório		
	Instalações sanitárias/ balneários		
	Zona de estacionamento		
Outros aspetos considerados importantes			

4.3 Identificação de perigos

Na identificação dos perigos, é considerada uma abordagem por processos, de acordo com o definido na norma NP ISO 31000 de 2018. Assim, com base na caracterização do processo produtivo e de cada um dos subprocessos que o compõe, foram identificados os perigos e os eventos potencialmente causadores de dano. Uma abordagem com base no processo produtivo e na identificação de todos os subprocessos tem como principal vantagem, a maior facilidade na identificação de todos os perigos, bem como as potenciais inter-relações. Desta forma, todas as tarefas executadas podem ser identificadas, sem que se corra o risco de que algum aspeto importante não seja devidamente considerado.

É importante analisar os vários aspetos inerentes a cada subprocesso em si, bem como identificar as máquinas e os materiais utilizados, as condições de trabalho, quer em termos técnico/operacionais, condições ambientais, número de trabalhadores expostos, frequência de exposição, equipamentos de proteção individual, coletiva e os procedimentos de carácter organizacional, potenciais falhas existentes, eficácia das medidas de proteção implementadas ou a ausência das mesmas. A estes fatores do processo de produção, deve ser adicionado o número de pessoas afetadas a cada tarefa e/ou atividade.

Iniciando-se a identificação dos perigos pelos equipamentos e/ou materiais utilizados, devem nestes considerar-se os seguintes aspetos como potencialmente desencadeadores de dano:

- Estado geral do equipamento;
- Características volumétricas, físicas e químicas de cada material;
- Componentes ou características passíveis de produzir ruído, vibrações, poeiras, ações mecânicas ou condições ambientais;
- Temperatura das superfícies do equipamento e/ou ferramenta;
- Recursos energéticos utilizados;
- Estado da manutenção;
- Estado de conservação das estruturas onde são realizadas as tarefas.

No que respeita à execução da tarefa, devem ser observados os seguintes aspetos:

- Condições de operação;
- Forma técnica de execução da tarefa;
- Número de horas trabalhadas;
- Complexidade da tarefa a executar;
- Tipo de materiais ou cargas transportadas pelos trabalhadores;
- Tipo de esforço físico exigido para executar a tarefa;
- Número de trabalhadores que executam a tarefa e suas especificidades.

No presente trabalho, foram identificados os processos de Desmatagem, Descubra, Perfuração, Desmonte, Carga e Transporte e Britagem. Nestes processos, foram identificados 139 perigos, os quais se podem desdobrar num número muito superior de riscos, atendendo a diferentes fatores desencadeadores.

Nas Tabela 8, Tabela 9, Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12 é apresentado o levantamento de perigos efetuados e respetivos eventos desencadeadores para os subprocessos identificados. O documento original poderá ser analisado no apêndice 1.

De forma a auxiliar a identificação dos perigos nos diferentes subprocessos, foram consultados vários documentos, como o Guia de segurança e saúde no trabalho para o setor agro-florestal (ACT, 2015), o Guia para a preparação de uma avaliação dos riscos relativos ao uso de explosivos (ACT, 2001), a norma NP EN ISSO 9001:2015 que adota os princípios da abordagem por processos. Foi também consultada a legislação em vigor para cada temática e efetuadas várias visitas a explorações a céu aberto.

Desmatagem e Descubra

Tabela 8: Identificação de Perigos no Processo de Desmatagem e Descubra

Sub-processo / operação	Equipamento Utilizado	Perigo	Evento desencadeador
Desramação	Machado	Lâmina	Trabalhos de corte
	Motosserra	Corrente sem bainha de proteção	Transporte da motosserra sem a bainha de proteção
		Inexistência ou inoperância do bloqueador do acelerador	Não utilização do bloqueador do acelerador
		Inexistência ou não funcionalidade do guarda mão traseiro	Não utilização do guarda-mão traseiro
		Corrente	Ressalto da lâmina guia da motosserra
		Motor, Radiador	Sobreaquecimento da motosserra
		Retentor de corrente	Não utilização do retentor de corrente
Corte de ramos, toragem/tração	Machado	Lâmina	Trabalhos de corte
	Motosserra	Lâmina	Trabalhos de corte
		Corrente sem bainha de proteção	Transporte da motosserra sem a bainha de proteção
		Inexistência ou inoperância do bloqueador do acelerador	Não utilização do bloqueador do acelerador
		Inexistência ou não funcionalidade do guarda mão traseiro	Não utilização do guarda-mão traseiro
		Corrente	Ressalto da lâmina guia da motosserra
		Motor, Radiador	Sobreaquecimento da motosserra
Abate de Árvores	Motosserra	Retentor de corrente	Não utilização do retentor de corrente
		Corrente sem bainha de proteção	Transporte da motosserra sem a bainha de proteção
		Inexistência ou inoperância do bloqueador do acelerador	Não utilização do bloqueador do acelerador
		Inexistência ou não funcionalidade do guarda mão dianteiro	Não utilização do guarda-mão traseiro
		Corrente	Ressalto da lâmina guia da motosserra
		Motor, Radiador	Sobreaquecimento da motosserra
		Retentor de corrente	Não utilização do retentor de corrente
Extração	Trator Arrastador e Guincho	Assento do trator	Muitas horas sentado com postura incorreta Assento não adaptado ao utilizador
		Cabos do guincho	Contacto dos cabos do guincho com materiais passíveis de rutura
		Peças do trator (motor, cabos, radiador)	Verificação de componentes e manutenção com o veículo quente
	Escavadora Hidráulica / Trator de rastos / Cabo Grua	Assento da escavadora/trator	Muitas horas sentado com postura incorreta Assento não adaptado ao utilizador
		Peças da escavadora/trator (motor, cabos, radiador)	Verificação de componentes e manutenção com o veículo quente
			Muitas horas sentado com postura incorreta

Sub-processo / operação	Equipamento Utilizado	Perigo	Evento desencadeador
	Giratória/Retroescavadora	Assento da giratória/retroescavadora	Assento não adaptado ao utilizador
		Peças da giratória/retroescavadora (motor, radiador)	Verificação de componentes e manutenção com o veículo quente
	Camião/Dumper	Assento do camião/Dumper	Muitas horas sentado com postura incorreta
			Assento não adaptado ao utilizador
		Troncos e ramos	Carga mal acondicionada
		Camião/dumper	Trabalhador no cimo da carga
		Sobreaquecimento do camião/dumper	Falta de manutenção
Gerais	Geral	Calor	Trabalho contínuo em ambiente térmico quente
		Exposição solar	Trabalho ao ar livre
		Frio	Trabalho contínuo em ambiente térmico não neutro
		Animais	Trabalhos efetuados nas imediações de animais
		Linhas aéreas eletrificadas	Corte de linhas eletrificadas
		Movimentos repetitivos	Trabalhos de corte de forma repetitiva
		Desníveis no terreno, valas	Piso com irregularidades e/ou obstáculos
		Trabalhos em altura	Utilização de escada para corte de ramos superiores
		Troncos e ramos	Movimentação de troncos e ramos para camiões/ <i>Dumpers</i>
	Machado, motosserra	Ramos de Árvore/Pequenos troncos	Corte de ramos e pequenos troncos
	Motosserra, trator arrastador, retroescavadora, camião, dumper	Gás de escape	Trabalho de corte e abate de árvores. Deslocação dos equipamentos até às frentes de abate e ao local de destino. Operações de carga e descarga
		Poeira	Trabalho de corte e abate de árvores. Deslocação dos equipamentos até às frentes de abate e ao local de destino. Operações de carga e descarga
		Ruído	Trabalho de corte e abate de árvores. Deslocação dos equipamentos até às frentes de abate e ao local de destino. Operações de carga e descarga
	Motosserra	Vibrações no sistema mão-braço	Trabalhos de corte e abate de árvores
	Trator arrastador, retroescavadora, escavadora hidráulica, camião, dumper	Vibrações de corpo inteiro	Deslocação dos equipamentos até às frentes de abate e ao local de destino. Operações de carga e descarga
		Presença de trator e pessoas no mesmo local	Vias de circulação sem largura suficiente, áreas de trabalho comuns para equipamentos e pessoas
		Ramos de árvore, troncos e outros obstáculos	Presença de materiais, ramos e troncos de árvore nas áreas de circulação indevidamente identificadas, vias de circulação com largura inferior; circulação em simultâneo de vários equipamentos
		Desníveis no terreno, valas	Manobras decorrentes das operações de carga em locais com desnível de terreno acentuado
			Falta de sinalização e condução perigosa junto de áreas com desnível de terreno
		Lagoa	Trabalhos nas proximidades da lagoa
		Poços e Minas	Circulação de equipamentos

Para além dos perigos acima mencionados há que considerar o ruído, as vibrações, as poeiras, e o ambiente térmico em que possam estar expostos os trabalhadores nas operações de desmatagem e que devem ser avaliados de acordo com as metodologias adequadas e cumprindo a legislação em vigor, conforme exposto no ponto 2.5.

Perfuração

Tabela 9: Identificação de Perigos para o Processo de Perfuração

Sub-processo / operação	Equipamento Utilizado	Perigo	Evento desencadeador
Posicionamento / Circulação	Carro de perfuração	Assento do carro de perfuração	Muitas horas sentado com postura incorreta Assento não adaptado ao utilizador
		Escada do equipamento	Escada de acesso danificada, escorregadia ou acesso à máquina sem utilização da escada
		Obstáculos na via, vias de circulação com largura insuficiente	Circulação de pessoas e equipamento em simultâneo no mesmo local, falta de visibilidade, pavimento com obstáculos e irregularidades
		Presença do carro de perfuração e pessoas no mesmo local	Vias de circulação sem largura suficiente, áreas de trabalho comuns para equipamentos e pessoas, falta de visibilidade, via de circulação estreita, cruzamento entre pessoas e equipamento
Emboquilhamento	Carro de perfuração	Bit	Colocação de membro superior/mão na boca do bit enquanto operador posiciona a haste no terreno
Perfuração da rocha	Carro de perfuração	Barrenas	Colocação e retirada manual de barrenas, colocação de bit
		Barrenas	Colocação e retirada de barrenas, colocação de bit
		Correias	Contacto com órgãos móveis (correias)
		Sobreaquecimento do equipamento	Falta de manutenção dos equipamentos, sobreaquecimento de motores
		Rocha	Projeção de rochas aquando a perfuração
Gerais	Carro de perfuração	Obstáculos na via, vias de circulação com largura insuficiente	Circulação de pessoas e equipamento em simultâneo no mesmo local, falta de visibilidade, pavimento com obstáculos e irregularidades
		Braço do carro, bits, barrenas	Falta de manutenção dos equipamentos, componentes mal fixos
		Condução perigosa	Aproximação ou colocação do carro junto à borda da bancada, má visibilidade em zonas de curva, cruzamento entre veículos, presença de obstáculos
		Precipícios	Aproximação ou colocação do carro junto à borda da bancada, má visibilidade em zonas de curva, cruzamento entre veículos, presença de obstáculos
		Movimentos repetitivos	Repetição de movimentos e postura do operador que regula o perfurador
		Esforços pesados	Levantamento de objetos com peso superior ao recomendado
		Terreno	Definição de altura das bancadas de trabalho
			Definição de largura das bancadas de trabalho
			Consistência do terreno
			Presença de falhas
			Bancada instável devido a desmonte anterior
			Bancada sem saneamento
		Bancada	Presença de operador próximo de frente mal saneada, mal dimensionada e com irregularidades
			Presença de operador próximo de taludes mal saneados, muito fraturados e com irregularidades
		Circulação de pessoas e equipamentos em simultâneo	Circulação de pessoas em locais de circulação de outros equipamentos
		Ruído	Deslocação dos equipamentos até às frentes de desmonte e ao local de destino. Operações de perfuração da rocha, carga e descarga
		Poeira	Deslocação dos equipamentos até às frentes de desmonte e ao local de destino. Operações de perfuração da rocha, carga e descarga
		Vibrações	Deslocação dos equipamentos até às frentes de desmonte e ao local de destino. Operações de perfuração da rocha, carga e descarga
		Linhas aéreas eletrificadas	Corte de linhas eletrificadas
		Lagoa	Trabalhos nas proximidades da lagoa
		Calor	Trabalho contínuo em ambiente térmico quente
		Exposição solar	Trabalho ao ar livre
		Frio	Trabalho contínuo em ambiente térmico frio

Desmante

Tabela 10: Identificação de Perigos no Processo de Desmante

Sub-processo / operação	Equipamento Utilizado	Perigo	Evento desencadeador
Transporte de explosivos até à frente a desmontar	Camião	Assento do camião	Muitas horas sentado com postura incorreta Assento não adaptado ao utilizador
		Escada do equipamento	Escadas de acesso ao equipamento escorregadia, más condições de visibilidade, aproximação à extremidade da bancada em locais de fracturação com risco de derrocada
		Explosivos	Transporte de explosivos até à frente em conjunto com os detonadores, transporte de explosivos em condições atmosféricas adversas (trovoada)
		Camião	Transporte de explosivos até à frente em conjunto com os detonadores, transporte de explosivos em condições atmosféricas adversas (trovoada)
		Via de circulação	Frente de bancada desarrumada e presença de obstáculos diferentes no chão
Escorvamento do Furo/Carregamento/Taqueamento	Explosivos/ Detonadores/ Acessórios de fogo	Explosivos/Detonadores/Acessórios de fogo	Trabalhos realizados sob condições atmosféricas adversas (trovoada e chuva), com presença de fumadores ou operadores a utilizar chama ou materiais passíveis de produzir chama, ligações mal efetuadas, detonação precoce
		Martelo demolidor	Preparação da carga
		Via de circulação	Frente de bancada desarrumada e presença de objetos diferentes no chão
Rebentamento	Explosivos/ Detonadores/ Acessórios de fogo	Explosivos/Detonadores/Acessórios de fogo	Carregamento dos furos mal executado, detonadores em mau estado, explosivo danificado, elementos de ligação partidos ou com descontinuidades, ligações não executadas, detonadores de tipo diferente nas mesma pega de fogo, presença de fontes de calor próximo do material explosivo, material de atacamto silicioso, atacadores de material metálico, ligação dos detonadores antes de todo o carregamento dos furos estar concluído, descargas elétricas atmosféricas
		Vibrações	Rebentamento dos explosivos
Verificação do Circuito	Explosivos/Detonadores/Acessórios de fogo	Explosivos/Detonadores/Acessórios de fogo	Carregamento dos furos mal executado, detonadores em mau estado, explosivo danificado, elementos de ligação partidos ou com descontinuidades, ligações não executadas, detonadores de tipo diferente nas mesma pega de fogo, presença de fontes de calor próximo do material explosivo, material de atacamto silicioso, atacadores de material metálico, ligação dos detonadores antes de todo o carregamento dos furos estar concluído, descargas elétricas atmosféricas
		Explosivos/Detonadores/Acessórios de fogo	Rebentamento dos explosivos
		Explosivos/Detonadores/Acessórios de fogo	Quantidade de explosivo excessiva para o tipo de rocha e volume a desmontar, furos mal executados ou demasiado próximos da frente, atacamto mal executado, existência de zonas preferenciais para escape de gases
		Vias de circulação	Vias de circulação com obstáculos
Verificação das falhas de tiro	Explosivos/Detonadores/Acessórios de fogo	Explosivos	Carregamento dos furos mal executado, detonadores em mau estado, explosivo danificado, elementos de ligação partidos ou com descontinuidades, ligações não executadas, detonadores de tipo diferente nas mesma pega de fogo, presença de fontes de calor próximo do material explosivo, material de atacamto silicioso, atacadores de material metálico, ligação dos detonadores antes de todo o carregamento dos furos estar concluído, descargas elétricas atmosféricas
		Bancada	Fraturação excessiva da bancada
		Vias de circulação	Vias de circulação com obstáculos
Gerais	Camião	Poeira	Operações de carga e descarga, circulação em vias de terra batida

Sub-processo /operação	Equipamento Utilizado	Perigo	Evento desencadeador
	Camião	Ruído	Operações de carga e descarga, circulação em vias de terra batida
	Camião	Vibrações	Operações de carga e descarga, circulação em vias de terra batida
	Camião	Vias de circulação	Vias de circulação sem largura suficiente, áreas de trabalho comuns para equipamentos e pessoas, falta de visibilidade; vias de circulação estreitas, cruzamento entre pessoas e equipamento
	Gerais	Calor	Trabalho contínuo em ambiente térmico quente
		Exposição solar	Trabalho ao ar livre
		Frio	Trabalho contínuo em ambiente térmico frio
		Lagoa	Trabalhos nas proximidades da lagoa

Carga e transporte

Tabela 11: Identificação de perigos para os Processos de Carga e Transporte

Sub-processo /operação	Equipamento Utilizado	Perigo	Evento desencadeador
Preparação da Praça para a carga	Pá Giratória/Pá Carregadora/Dumper	Pá Giratória/Pá Carregadora/Dumper	Falta de manutenção dos equipamentos, componentes mal fixos
		Pá Giratória/Pá Carregadora/Dumper	Operação de limpeza de material da frente, operações de carga e descarga, circulação de equipamentos
		Pá Carregadora/Dumper	Piso com irregularidades, presença de obstáculos
Carga/Descarga	Pá Giratória/Pá Carregadora/Dumper	Rochas	Manobra mal executada com o balde carregado de rocha
	Pá Carregadora/Dumper	Pá Carregadora/Dumper	Aproximação ou colocação o equipamento junto à borda da bancada, cruzamento entre veículos, presença de obstáculos
		Dumper/Camião	Circulação de equipamentos em simultâneo
		Rochas	Velocidade excessiva/mau acondicionamento de material
Descarga	Dumper/Camião	Dumper/Camião	Descarga efetuada quando a torva se encontra próxima da sua capacidade máxima
		Dumper/camião	Incorreta imobilização do dumper à boca da torva
		Rochas	Velocidade de descarga excessiva
Gerais	Geral	Assento do equipamento	Muitas horas sentado com postura incorreta Assento não adaptado ao utilizador
		Escada do equipamento	Escada de acesso danificada, escorregadia ou acesso à máquina sem utilização da escada
		Lagoa	Trabalhos nas proximidades da lagoa
		Movimentos repetitivos	Repetição de movimentos e postura do operador que regula o equipamento
		Poeiras	Operação de limpeza de material da frente, operações de carga e descarga, circulação de equipamentos
		Ruído	Circulação de veículos e equipamentos, carga da giratória, arrastamento de material
		Vibrações	Circulação de veículos e equipamentos, carga da giratória, arrastamento de material
		Giratória/Pá Carregadora/Dumper	Circulação de pessoas e equipamento em simultâneo
		Calor	Trabalho contínuo em ambiente térmico quente
		Exposição solar	Trabalho ao ar livre
		Frio	Trabalho contínuo em ambiente térmico frio

Britagem

Tabela 12: Identificação de perigos para o Processo de Britagem

Sub-processo / operação	Equipamento Utilizado	Perigo	Evento desencadeador
Britagem Primária	Britador de Maxilas	Escadas de acesso ao britador	Subida das escadas de acesso à cabine do britador
		Britador de Maxilas	Trabalhos de desencravamento do britador com a torva ligada e a efetuar descarga
		Movimentos repetitivos	Manipulação de componentes do britador, desencravamento
		Rochas	Falha na gestão da capacidade de carga do britador
		Quadro de eletricidade	Condições atmosféricas adversas, avaria em quadro elétrico
Transporte do material do britador para os crivos	Telas Transportadoras	Telas Transportadoras	Manutenção das telas com o equipamento em funcionamento
		Quadro de eletricidade	Condições atmosféricas adversas, avaria em quadro elétrico
		Rochas	Velocidade excessiva dos tapetes e excesso de carga
Crivagem	Crivos	Passadiços	Existência de passadiços e proteções laterais em mau estado de conservação, estruturas com ausência de passadiços e proteção lateral
		Crivos	Estruturas em mau estado de conservação
		Crivos	Ausência ou mau estado de conservação dos dispositivos de segurança dos crivos nas operações de manutenção
Moagem	Moinhos	Passadiços	Existência de passadiços e proteções laterais em mau estado de conservação estruturas com ausência de passadiços e proteção lateral, estruturas com ausência de passadiços e proteção lateral
		Moinho	Estruturas em mau estado de conservação
		Quadro de eletricidade	Ligar/desligar/manutenção/manuseamento de fios elétricos
Gerais	Geral	Poeiras	Operação de trituração de rocha/descarga
		Ruído	
		Vibrações	Vibração da estrutura aquando o seu funcionamento por folga dos seus componentes ou má fixação ao solo

4.4 Identificação do Risco

Após a identificação dos perigos, é altura de identificar os eventos desencadeadores e os riscos que lhes estão associados. Importa salientar que, se eventualmente se dispuser de dados sobre a probabilidade de ocorrência de algum tipo de acidente, os mesmos devem ser considerados para a avaliação, de forma a ser dada a relevância devida a esse fator. Devem ainda ser considerados fatores como a ocorrência de incidentes, a sua frequência e o número de pessoas expostas. Ao serem identificadas todas essas situações, devem ser analisadas de forma exaustiva.

Na identificação dos perigos, pretende-se conhecer fontes ou situações com potencial dano para o trabalhador. Para isso, é fundamental um conhecimento aprofundado do processo produtivo incluindo as funções de cada um dos trabalhadores intervenientes. É necessário analisar a simultaneidade de atividades e os condicionalismos de cada local. É fulcral considerar que na indústria extrativa os locais de trabalho e, consequentemente, as fontes e as situações com potencial de dano possuem um carácter dinâmico, ou seja, estão em constante alteração tanto geográfica como de condição envolvente do posto de trabalho. É também importante perceber o modo de funcionamento e as condições de utilização de cada equipamento e respetivas limitações.

Quanto aos produtos utilizados, não apenas os explosivos, mas também os lubrificantes, combustíveis e outros de utilização mais limitada e específica, é necessário conhecer o respetivo modo de emprego e fichas de dados de segurança.

Os procedimentos de controlo do risco são implementados sempre que o risco está num nível que não pode ser tolerado pela organização. Nestes casos, torna-se necessário implementar procedimentos de correção. A gestão do risco, que é o passo seguinte, deve ser enquadrada num ciclo de melhoria contínua. Para que a sua aplicação seja eficiente, é necessário, neste ponto, verificar se existem medidas de prevenção e controlo implementadas, se são as mais adequadas para a tarefa analisada ou, se em alternativa, será necessário adotar outras mais eficientes.

No processo de desenvolvimento e teste de uma metodologia de avaliação de riscos especificamente desenvolvida para a indústria extrativa a céu aberto e, dado o elevado número de perigos identificados e, também de modo a não tornar o processo demasiado complexo e moroso, optou-se por seleccionar 50 situações para ser avaliadas pelos especialistas (ver apêndice 2). Nesta fase, optou-se por retirar os aspetos relacionados com a Desmatagem e Descubra, por se tratar de uma operação que geralmente ocorre de forma muito esporádica, dentro da globalidade do processo produtivo. No entanto, uma seleção dos respetivos perigos e riscos pode ser encontrada na íntegra no apêndice 1.





No presente trabalho, foi considerado que o processo produtivo se iniciou com os trabalhos de Perfuração.


A ferramenta de avaliação fornecida aos especialistas foi construída tendo em consideração o Processo, o subprocesso/ tarefa, a identificação do perigo e o respetivo evento desencadeador, a identificação do risco associado e as medidas de prevenção e controlo implementadas. Em cada um dos aspetos reportados, foi fornecida uma imagem da situação em análise de modo a facilitar a avaliação.

As Tabela 13, Tabela 14, Tabela 15, Tabela 16, Tabela 17, mostram a identificação de riscos efetuada para os subprocessos na IECA.

Perfuração




Tabela 13: Identificação de Risco na Perfuração





	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P1	Posicionamento do carro de perfuração	Carro de perfuração	Operações de perfuração da rocha		<ul style="list-style-type: none"> - Tarefa que corresponde a trabalhos de manutenção, a situações de emergência, acidentais ou pontuais. - É desempenhada por um trabalhador. -Não existe sistema de gestão da prevenção implementado e as práticas de segurança resumem-se à utilização pontual de EPI. 	Projeção de partículas
P2	Posicionamento do carro de perfuração	Lagoa	Trabalhos de perfuração de rocha perto da lagoa, com irregularidades no pavimento e aproximação da zona de precipício onde não existe barreira na margem		<ul style="list-style-type: none"> -Tarefa que corresponde a trabalhos de manutenção, a situações de emergência, acidentais ou pontuais. -Geralmente é desempenhada por um trabalhador. -Não existe sistema de gestão da prevenção implementado e as práticas de segurança resumem-se à utilização pontual de EPI. 	Queda na lagoa
P3	Emboquilhamento	Carro de perfuração	Colocação e ajuste do bit de perfuração antes de se iniciar a perfuração da rocha		<ul style="list-style-type: none"> -Tarefa que corresponde a trabalhos de manutenção, a situações de emergência, acidentais ou pontuais. -Geralmente é desempenhada por um trabalhador. -Existe um sistema implementado de melhoria contínua interligado ao sistema de gestão de segurança. 	Esmagamento
P4	Perfuração	Carro de perfuração	Presença de mais do que um operador na cabine do carro de perfuração		<ul style="list-style-type: none"> -Tarefa que ocorre ao longo do dia de forma não contínua, 3 ou mais dias por semana. -Geralmente é desempenhada por um trabalhador. -Não existe sistema de gestão da prevenção implementado mas existem práticas de segurança funcionais. 	Queda a nível diferente




	Subprocesso / tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P5	Perfuração	Carro de perfuração	Manobras de posicionamento junto da zona de precipício sem apresentar barreiras intransponíveis.		<ul style="list-style-type: none"> -Tarefa que ocorre ao longo do dia de forma não contínua, 3 ou mais dias por semana. -Geralmente desempenhada por um trabalhador. -Não existe sistema de gestão da prevenção implementado mas existem práticas de segurança funcionais. 	Queda de equipamento com operador
P6	Perfuração	Hastes	Colocação e retirada das hastes do carro de perfuração; colocação de bit com o equipamento ainda quente.		<ul style="list-style-type: none"> -Tarefa que ocorre ao longo do dia de forma não contínua, 3 ou mais dias por semana. -Geralmente desempenhada por um trabalhador. -Existe um sistema de gestão da prevenção implementado mas sem evidências da sua adequada funcionalidade. 	Abrasão
P7	Perfuração	Pavimento/Plataforma de trabalho	Circulação de pessoas em piso irregular		<ul style="list-style-type: none"> -Tarefa que ocorre ao longo do dia de forma não contínua, 3 ou mais dias por semana. – Geralmente desempenhada por dois trabalhadores. -Não existe um sistema de prevenção e controlo implementado. 	Queda ao mesmo nível

Desmante

Tabela 14: Identificação de Risco no Desmante

	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P8	Transporte de explosivos até à frente a desmontar	Camião	Transporte de material explosivo, com explosivos, detonadores e restante material misturado e acondicionado de forma incorreta		-Tarefa que ocorre ao longo do dia de forma não contínua, 3 ou mais dias por semana. -Realizada por um operador. -Não existe sistema de gestão da prevenção implementado mas existem práticas de segurança funcionais.	Explosão
P9	Transporte de explosivos até à frente a desmontar	Camião	Manobras de posicionamento ou circulação em vias junto da zona de precipício sem apresentar barreiras intransponíveis.		Tarefa que ocorre ao longo do dia de forma não contínua, 3 ou mais dias por semana. Realizada por um operador. Não existe sistema de gestão da prevenção implementado mas existem práticas de segurança funcionais.	Queda em altura do equipamento com operador
P10	Transporte de explosivos até à frente a desmontar	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Armazenamento de material explosivo na frente de desmante sem o devido acondicionamento e separação por tipo		-Tarefa que ocorre ao longo do dia de forma não contínua, 3 ou mais dias por semana. -Geralmente desempenhada em média por 3 a 4 trabalhadores. -Existe um sistema de gestão da prevenção implementado mas sem evidências da sua adequada funcionalidade.	Explosão

	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P11	Escorvamento do furo/carregamento	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Utilização de material cortante para efetuar um corte no explosivo antes da colocação do detonador		-Tarefa que ocorre ao longo do dia de forma não contínua, 3 ou mais dias por semana. -Operação desempenhada em média por 3 a 4 trabalhadores. -Existe um sistema de prevenção e controlo implementado.	Corte
P12	Escorvamento do furo/carregamento	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Utilização de chama ou materiais passíveis de produzir chama aquando o manuseamento de material explosivo e a sua colocação no furo		-Tarefa que ocorre ao longo do dia de forma não contínua, 3 ou mais dias por semana. -Geralmente desempenhada em média por 3 a 4 trabalhadores. -Existe um sistema implementado de melhoria continua interligado ao sistema de gestão de segurança.	Explosão
P13	Escorvamento do furo/carregamento	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Manuseamento de material explosivo, detonadores, material cortante		-Tarefa que ocorre em média uma ou duas vezes por semana. – Geralmente desempenhada em média por 3 a 4 trabalhadores. – Não existe um sistema de prevenção e controlo implementado	Queda de Material
P14	Rebentamento	Rocha	Operações de detonação da bancada (com todos os operadores na zona de segurança definida)		-Tarefa que ocorre em média uma ou duas vezes por semana. Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Existe um sistema implementado de melhoria continua interligado ao sistema de gestão de segurança.	Projeção de rocha





	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P15	Rebentamento	Explosivo	Detonação da bancada no trabalho de verificação de tiros falhados (explosivos que não detonaram no rebentamento).		<p>-Tarefa que ocorre em média uma ou duas vezes por semana.</p> <p>-Geralmente desempenhada por 1 trabalhador.</p> <p>-Existe um sistema implementado de melhoria continua interligado ao sistema de gestão de segurança.</p>	Projeção de Partículas
P16	Preparação da praça para a carga	Frente de desmonte	Presença de fraturação desconhecida, provocada pelo rebentamento		<p>-Tarefa que ocorre em média uma ou duas vezes por semana.</p> <p>-Geralmente desempenhada por 1 trabalhador.</p> <p>-Existe um sistema de gestão da prevenção implementado mas sem evidências da sua adequada funcionalidade</p>	Soterramento
P17	Preparação da praça para a carga	Lagoa	Trabalhos executados perto da lagoa onde não se encontra sinalizado a zona de desnível de altura.		<p>-Tarefa que corresponde a trabalhos de manutenção, a situações de emergência, acidentais ou pontuais.</p> <p>-Geralmente desempenhada por 1 trabalhador.</p> <p>-Não existe sistema de gestão da prevenção implementado mas existem práticas de segurança funcionais</p>	Afogamento



	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P18	Transporte entre a frente de desmonte tolva	Pica Pedra	Percussão do pica-pedra (acessório colocado em giratória) que provoca a projeção de fragmentos de rocha		-Tarefa que ocorre uma a duas vezes por semana. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe sistema de gestão da prevenção implementado e as práticas de segurança resumem-se à utilização pontual de EPI.	Projeção de partículas
P19	Vias de circulação	Vias de circulação	Vias de circulação com obstáculos e pavimento desnivelado		-Tarefa que ocorre ao longo do dia de forma não contínua, 3 ou mais dias por semana. -Geralmente circulam por uma mesma via uma média de 2 trabalhadores. -Não existe sistema de gestão da prevenção implementado e as práticas de segurança resumem-se à utilização pontual de EPI.	Queda ao mesmo nível

Carga e Transporte

Tabela 15: Identificação do Risco na Carga e Transporte



	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P20	Carga	Lagoa	Trabalhos executados perto da lagoa, onde não se encontra sinalizada a zona de desnível de altura.		-Considere que com o avanço da exploração nem sempre os trabalhos são realizados próximo da lagoa, tratando-se assim de uma tarefa que ocorre de forma pontual. -Geralmente desempenhada por 2 trabalhadores. -Existe um sistema de prevenção e controlo implementado.	Queda na Lagoa


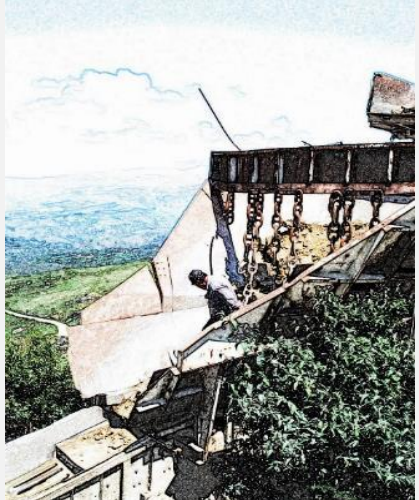
	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P21	Carga	Giratória	Operação de carga de material da frente resultante do desmonte em local com terreno instável e inexistência de barreira intransponível.		-Tarefa realizada de forma pontual. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe um sistema de prevenção e controlo implementado.	Queda em altura do equipamento com operador
P22	Carga	Giratória	Excesso de carga do balde		-Tarefa que ocorre ao longo do dia de forma não contínua, 3 ou mais dias por semana. -Geralmente desempenhada por 2 trabalhadores. -Não existe sistema de gestão da prevenção implementado mas existem práticas de segurança funcionais.	Queda de Material
P23	Circuito entre local de carga e a tolva	Dumper/Camião	Carga mal condicionada/ excesso de carga eventualmente aliado a manobras perigosas e excesso de velocidade		-Tarefa que ocorre ao longo do dia de forma não contínua, 3 ou mais dias por semana. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe sistema de prevenção e controlo implementado.	Capotamento
P24	Circuito entre o local de carga e a tolva	Dumper/Camião	Circulação de pessoas e equipamentos em simultâneo		-Tarefa realizada de forma contínua e diariamente. -Geralmente desempenhada por 2 trabalhadores. -Não existe sistema de prevenção nem de controlo implementado.	Atropelamento

	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P25	Circuito entre local de carga e a tolva	Dumper/Camião	Rebentamento de pneus com perda de controlo do veículo, circulação de equipamentos em vias circulação		-Tarefa realizada de forma não contínua e diariamente. -Geralmente desempenhada por 2 trabalhadores. -Existe sistema de prevenção e controlo.	Despiste/Colisão
P26	Circuito entre local de carga e a tolva	Vias de circulação	Circulação de pessoas próximas de zonas de precipício		-Tarefa realizada de forma contínua. -Geralmente desempenhada por 4 trabalhadores. -Não existe sistema de prevenção e controlo implementado.	Queda em altura
P27	Circuito entre local de carga e a tolva	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Piso com presença de materiais provenientes da queda total ou parcial de cargas anteriores, piso desnivelado devido às passagens sucessivas de camiões e às condições atmosféricas. Vias estreitas aquando a passagem em simultâneo de dois Dumpers		-Tarefa que ocorre diariamente de forma não contínua. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhadores. -Não existe sistema de prevenção e controlo implementado.	Queda ao mesmo nível
P28	Circuito entre local de carga e a tolva	Zona de Carga	Aproximação de dumper à pá carregadora nos momentos de carga.		-Tarefa que ocorre diariamente de forma não contínua. -Geralmente desempenhada por 2 trabalhadores. -Existe um sistema de gestão da prevenção implementado mas sem evidências da sua adequada funcionalidade.	Colisão

Carga e Transporte



Tabela 16: Identificação do Risco na Carga e Transporte



	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P29	Descarga na tolva	Dumper/ Camião	Subida ao cimo da tolva em momentos de espera (geralmente acontece quando há um encravamento no britador e a carga anterior ainda não foi completamente liberta na tolva).		-Tarefa que ocorre uma a duas vezes por semana. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe sistema de prevenção e controlo.	Queda em altura
P30	Descarga na tolva	Dumper/ Camião	Incorreta imobilização do camião à boca da tolva, ausência de barreira intransponível.		-Tarefa que ocorre diariamente de forma não contínua. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe sistema de prevenção e controlo.	Queda do equipamento com operador




	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P31	Descarga na tolva	Cabine do operador	Presença de cabine em frente ao local de descarga		<ul style="list-style-type: none"> -Aspetos que ocorrem ao longo do dia de forma não contínua, -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe sistema de gestão da prevenção implementado mas existem práticas de segurança funcionais. 	Projeção de Material
P32	Descarga na tolva	Material	Operações de desencravamento da tolva.		<ul style="list-style-type: none"> -Aspetos que ocorrem ao longo do dia de forma não contínua, -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe sistema de prevenção e controlo. 	Queda na tolva




Britagem




Tabela 17: Identificação do Risco na Britagem




	Subprocesso / tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P33	Britador Primário	Britador de Maxilas	Trabalhos de desencravamento realizado na boca do britador		-Tarefa que ocorre uma a duas vezes por semana. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe sistema de prevenção e controlo.	Queda no Britador
P34	Britador Primário	Material de desencravamento	Trabalhos de desencravamento realizado na boca do britador com este em funcionamento		-Tarefa que ocorre uma a duas vezes por semana. -Geralmente desempenhada por 2 trabalhadores. -Não existe sistema de prevenção e controlo.	Esmagamento



	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P35	Britador Primário	Escadas de acesso	Escadas escorregadias		Situação que ocorre diariamente de forma pontual. -Geralmente desempenhado por 1 trabalhador. - Não existe sistema de prevenção nem de controlo implementado.	Queda em altura
P36	Ligar/Desligar Britador Primário/Manutenção	Quadro elétrico/fios elétricos	Fios Elétricos não protegidos e desarrumados		-Tarefa que ocorre diariamente de forma pontual. -Geralmente desempenhado por 1 trabalhador. -Não existe sistema de gestão da prevenção implementado e as práticas de segurança resumem-se à utilização pontual de EPI.	Contacto com corrente elétrica

	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P37	Britador Primário	Britador de Maxilas	Velocidade excessiva (no levantamento da bscula) durante a descarga na tolva		-Tarefa que ocorre vrias vezes durante o dia de forma no contínua. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Existe sistema de preveno e controlo.	Projeo de rocha
P38	Britador Primrio	Cabine do trabalhador no Britador de Maxilas	Sistema de fixao da estrutura ineficiente (muitas vezes por falta de manuteno) aliado  vibrao constante proveniente do funcionamento do britador.		-Tarefa realizada de forma contínua. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -No existe sistema de preveno e controlo.	Queda de estruturas com operador
P39	Manuteno das tapetes transportadoras	Plataforma de acesso aos tapetes transportadores	Ausncia de plataformas com guarda corpos de segurana. Subida do trabalhador para ajustar a tela ou para trabalhos de reparao		-Tarefa que ocorre tendencialmente 1 vez por ms. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -No existe sistema de gesto da preveno implementado e as prticas de segurana resumem-se  utilizao pontual de EPI.	Queda em altura

	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P40	Transporte de material através dos tapetes transportadores	Tapetes transportadoras	Utilização de tapetes transportadores danificados		-Tarefa que ocorre várias vezes durante o dia de forma não continua. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe sistema de prevenção e controlo.	Queda de Material
P41	Ligar/Desligar dos tapetes transportadoras /Manutenção	Quadro elétrico/fios elétricos	Manipulação de fios elétricos não protegidos e muitas vezes em contacto com água, nomeadamente em dias de chuva		-Tarefa que ocorre diariamente de forma pontual. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe sistema de gestão da prevenção implementado mas existem práticas de segurança funcionais.	Contacto com corrente elétrica
P42	Manutenção dos tapetes transportadores	Plataforma de apoio	Plataformas escorregadias		-Tarefa que ocorre diariamente de forma pontual. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe sistema de prevenção nem de controlo implementado.	Queda ao mesmo nível

	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P43	Manutenção dos tapetes transportadores	Tapetes transportadores	Manutenção dos tapetes transportadores sem utilização de equipamento de proteção individual, nomeadamente luvas.		-Tarefa realizada 1 a 2 vezes por semana. -Geralmente desempenhado por 1 trabalhador. -Não existe sistema de prevenção nem de controlo implementado.	Abrasão
P44	Crivagem	Escada de acesso	Subida de escadas para trabalhos de manutenção ou desencravamento.		-Tarefa que ocorre uma a duas vezes por semana. Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. Existe um sistema de prevenção e controlo.	Queda em Altura
P45	Crivagem	Estrutura dos crivos	Trabalhos de desencravamento na ausência de qualquer plataforma de apoio		Tarefa que ocorre uma a duas vezes por semana. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe um sistema de prevenção e controlo.	Queda em altura

	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P46	Crivagem	Fios elétricos	Fios elétricos desarrumados e próximos de água		-Tarefa que ocorre uma a duas vezes por semana. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe um sistema de prevenção e controlo implementado.	Contacto com corrente elétrica
P47	Fragmentação	Fragmentadores de eixo vertical/ maxilas	Subida do trabalhador ao fragmentador aliado à falta de plataformas de apoio		-Tarefa que ocorre de forma pontual até 3 vezes por mês. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe sistema de gestão da prevenção implementado e as práticas de segurança resumem-se à utilização pontual de EPI.	Queda em altura
P48	Fragmentação	Quadro de eletricidade, fios elétricos	Trabalhos de verificação do funcionamento do motor na presença de fios elétricos desarrumados na zona de fragmentação, danificados pelas alterações atmosféricas e queda de fragmentos de rocha		-Tarefa que ocorre de forma pontual até 3 vezes por mês. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Não existe um sistema de prevenção e controlo.	Contacto com corrente elétrica

	Subprocesso /tarefa	Perigo	Evento desencadeador	Foto	Observações	Risco
P49	Fragmentação	Fragmentadores de eixo vertical/ maxilas	Escadas escorregadias, sujas com material		--Tarefa que ocorre diariamente de forma pontual. -Geralmente desempenhada por 1 trabalhador. -Existe um sistema de prevenção e controlo.	Queda em Altura
P50	Expedição	Pá carregadora/Camião	Carregamento de camiões com produto final		-Tarefa que ocorre diariamente de forma pontual. -Geralmente desempenhada por 2 trabalhador. -Existe um sistema de gestão da prevenção implementado mas sem evidências da sua adequada funcionalidade	Colisão

4.5 Gestão do Risco

4.5.1 Contextualização Geral

Da pesquisa bibliográfica apresentada em 2.2, verificou-se que a maioria das metodologias de avaliação de risco existentes apresentam propostas generalistas, sem serem dirigidas à resolução de um problema específico e, também não efetuam a integração entre as variáveis ocupacionais e as do processo produtivo (Castelo Branco & Baptista, 2011).

Como forma de responder à questão científica colocada e ao objetivo principal, o desenvolvimento e validação de uma metodologia de avaliação e gestão de riscos tornou-se fundamental, já que, ao melhorar a reprodutibilidade e fiabilidade dos resultados, minimiza-se a subjetividade associada à generalidade dos métodos de avaliação com base em matrizes de risco.

Nesse contexto, o método a seguir apresentado partiu do trabalho desenvolvido por Antunes, Baptista, & Diogo (2010) que propuseram uma metodologia integrada de avaliação de riscos, pensada para a indústria química, adotando os princípios de “abordagem por processos” definidos na NP EN ISSO 9001:2000, considerando fundamental que todas as atividades associadas a cada processo e subprocesso sejam avaliadas.

Nesta abordagem, as atividades da organização são detalhadas, identificando as entradas, as funções e as saídas de cada processo. As saídas constituirão uma entrada para o(s) processo(s) seguintes(s) e assim sucessivamente.

A análise é efetuada considerando, em primeiro lugar, o macroprocesso, subdividindo-o de seguida em processos, subprocessos, atividades e tarefas, detalhando a sua natureza e especificando-os de acordo com as características organização em si (Antunes et al., 2010). Desta forma, todas as saídas de um processo devem ter uma correspondente entrada no seguinte, o que, segundo os autores, garante que não haverá elementos que não sejam adequadamente tratados.

Da aplicação desta metodologia surgiram várias adaptações focadas em outras indústrias como a construção civil (Silva, Guedes, & Baptista, 2018) (Bessa & Baptista, 2015), riscos biológicos em matadouros (Guimarães, 2016), fabricação de embalagens de vidro (Ferreira C. C., 2012) e trabalhos de triagem de resíduos industriais (Botelho, 2015).

Em todos os trabalhos desenvolvidos destacou-se a homogeneidade dos resultados, considerando assim que a subjetividade, em comparação com outros métodos, é reduzida, mesmo aquando da aplicação em processos completamente distintos. No entanto, apesar dos resultados altamente promissores, esta metodologia nunca foi validada para nenhuma das referidas áreas.

4.5.2 Adaptação à indústria extrativa

No que concerne ao caso específico da indústria extrativa a céu aberto, foi efetuada uma primeira adaptação desta abordagem (Método integrado de Avaliação de Riscos – MIAR) por Sousa (2015), que propôs uma alteração aos parâmetros de avaliação: Gravidade (G), Extensão (E), Frequência (F), Desempenho do Sistema de Prevenção e Controlo (DP) e Custo e complexidade técnica (C).

A mudança teve como objetivo torná-las mais aptas à realidade existente na IECA (Tabela 18). Este trabalho serviu como um teste piloto à metodologia apresentada no âmbito do presente trabalho.

Nas tabelas propostas por Antunes et. al. (2010), os cinco parâmetros de avaliação apresentavam diferentes níveis de classificação: A *Extensão do Impacte* possuía quatro níveis, os parâmetros *Desempenho do Sistema de Prevenção e Controlo* e, *Custo e Complexidade Técnica* três níveis e os parâmetros *Gravidade do Aspeto* e a *Frequência* cinco níveis. De forma a harmonizar a situação, a autora, propôs que todos os parâmetros passassem a ter 5 níveis (Tabela 18).

Esta mudança permite reduzir a dificuldade do técnico na sua aplicação em pormenorizar as categorias, dos parâmetros com um número idêntico de níveis de avaliação.

Tabela 18: Parâmetros de avaliação propostos por (Sousa I. , 2015)

Parâmetros de Avaliação	Descrição	Valor
Gravidade do aspeto	Aspetos que podem causar morte ou lesão com incapacidade permanente absoluta para o trabalho habitual e para todo e qualquer trabalho	5
	Aspetos que podem causar lesões graves, com incapacidade temporária, absoluta ou permanente parcial, mas de pequena percentagem (0- 15%)	4
	Aspetos que podem causar lesões menores com incapacidade temporária parcial mas de baixa gravidade	3
	Aspetos que podem causar lesões pequenas sem qualquer tipo de incapacidade	2
	Aspetos que não apresentem perigosidade	1
Extensão do impacte	Aspeto cuja extensão atinge mais do que 5 trabalhadores	5
	Aspeto cuja extensão atinge entre 4 a 5 trabalhadores	4
	Aspeto cuja extensão atinge 3 a 4 trabalhadores	3
	Aspeto cuja extensão atinge 2 a 3 trabalhadores	2
	Aspeto cuja extensão atinge até 1 trabalhador	1
Exposição/ Frequência de ocorrência do aspeto	Ocorrência contínua - periodicidade diária	5
	Ocorrência periódica – periodicidade semanal	4
	Ocorrência periódica – periodicidade mensal	3
	Ocorrência reduzida – periodicidade semestral	2
	Ocorrência isolada – periodicidade anual	1
Desempenho do sistema de prevenção e controlo	Não existe um sistema de prevenção e controlo implementado	5
	Existe um sistema de controlo implementado mas sem evidências da sua adequada funcionalidade	4
	Não existe um sistema de prevenção mas existe um sistema de controlo implementado que é funcional	3
	Existe um sistema de prevenção e controlo implementado mas não existem evidências objetivas da sua adequada funcionalidade	2
	Existe um sistema de prevenção e controlo implementado e existem evidências objetivas da sua adequada funcionalidade	1
Custos e complexidade técnica	Medidas de prevenção com custo nulo e complexidade técnica básica - resolvem-se com procedimentos e instruções de trabalho	5
	Medidas prevenção/correção com custo reduzido e complexidade técnica reduzidas - intervenção simples, pequenas alterações	4
	Medidas de prevenção/correção com custo reduzido e complexidade técnica média	3
	Metodologia de prevenção/correção com custo e complexidade técnica médias	2
	Metodologia de prevenção/correção com custo e complexidade técnica elevadas	1

No parâmetro *Extensão do Impacte* foi também proposta a substituição da valoração dos níveis de percentagem para passar a representar diretamente o número de trabalhadores afetados. Assim, no menor

nível foi considerado 1 trabalhador e no mais elevado, 5 ou mais trabalhadores. Isto deve-se ao facto da maioria das explorações a céu aberto possuir um número reduzido de trabalhadores e por estes se encontrarem, na maioria das tarefas do ciclo produtivo, isolados no posto de trabalho, em geral no interior de um equipamento.

Uma vez que os níveis de classificação foram alterados, foi necessário proceder à alteração da tabela de definição do índice de risco, para que ficasse de acordo com os novos parâmetros (Tabela 19).

Tabela 19: Índice de Risco proposto por (Sousa I. , 2015)

Índice de Risco (IR)	Pontuação
1 - Baixo	≤ 156
2 - Médio	$157 < \text{índice de risco} \leq 435$
3 - Elevado	$436 < \text{índice de risco} \leq 869$
4 - Muito Elevado	$870 < \text{índice de risco} \leq 3125$

No trabalho de Sousa (2015), foram avaliadas 20 riscos por 32 técnicos superiores de Higiene e Segurança e efetuada a análise de dispersão dos dados recorrendo ao teste ANOVA fator único e a uma análise de consenso (Figura 24).

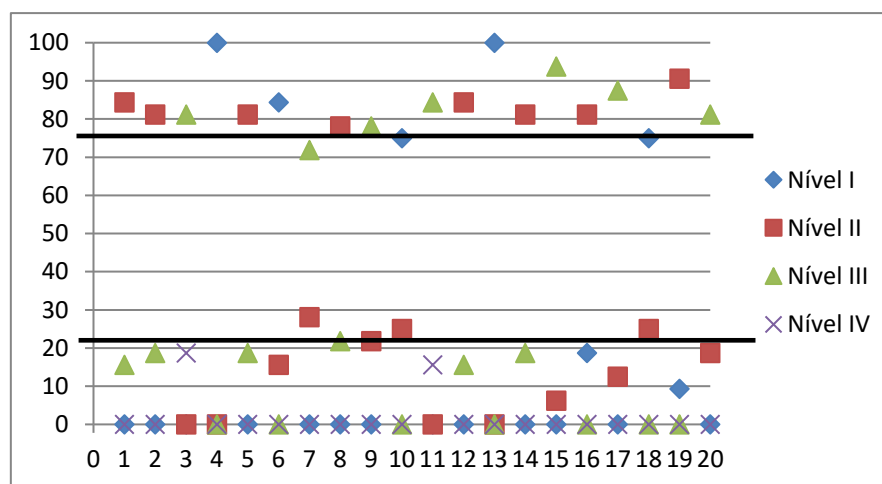


Figura 24: Dispersão dos resultados pelo Método MIAR adaptado à IECA

Fonte: (Sousa I. , 2015)

Verificou-se que dos 20 riscos avaliados, 19 apresentaram uma convergência superior a 75%, corroborando com os anteriores autores no que respeita à influência da subjetividade do avaliador. O risco que obteve uma percentagem de consenso inferior a 75% deveu-se a uma má caracterização da situação.

Relativamente à metodologia, verificou-se que esta produz resultados credíveis e consensuais com a realidade do processo produtivo.

Da necessidade de validação dos parâmetros, foram efetuadas novas atualizações aos parâmetros de avaliação que foram submetidos posteriormente a avaliação por parte de um painel de especialistas, através da metodologia Delphi (ver ponto 4.8).

4.5.3 Cálculo Do Risco

Da necessidade de validação dos parâmetros foram efetuadas novas atualizações, que foram submetidos posteriormente a avaliação por parte de um painel de especialistas, através da metodologia Delphi (ver ponto 4.8.2).

No desenvolvimento deste método, considerou-se o risco como o produto de dois fatores: o nível de Gravidade e o nível de Verossimilhança. Este último é, por sua vez, o resultado do produto de outros dois outros fatores: a Extensão do impacte e a Frequência com que ocorre o aspeto avaliado.

Cada um dos parâmetros indicados pode ser definido do seguinte modo:

- Gravidade (G) – Corresponde à consequência mais provável, caso o risco se materialize. Por exemplo, no caso da queda de um trabalhador em altura, a consequência mais provável será a morte, ao passo que numa queda ao mesmo nível, embora a morte seja uma possibilidade, a consequência mais provável será a de escoriações ligeiras (Tabela 20). A escala do parâmetro foi definida considerando o disposto na Lei 98/2009 de 4 de setembro, que trata o Regime de reparação de acidentes de trabalho e doenças profissionais.
- Extensão do impacte (E) – Identifica o número de trabalhadores potencialmente afetados (Tabela 21). Considerou-se uma escala de 1 a 5, pelo facto da maioria das explorações possuir um número reduzido de trabalhadores e a maioria das tarefas ser desenvolvida por um ou dois trabalhadores.
- Frequência do aspeto (F) – Indica o número de vezes que um determinado aspeto pode ocorrer num determinado período de tempo e, consequentemente, o número de vezes a que o trabalhador está exposto ao risco (Tabela 22). A escala definida pretende ir ao encontro da globalidade de duração das tarefas, já que há tarefas do processo produtivo que ocorrem de forma pontual, como, por exemplo, os trabalhos de manutenção e tarefas que ocorrem de forma contínua, como é o caso dos trabalhos realizados no britador, ou esporadicamente durante a semana, como por exemplo o desencravamento dos equipamentos.

A Verossimilhança (V) é calculada do seguinte modo:

$$V = E \times F;$$

O Nível de Risco (NR) resulta da seguinte operação

$$NR = G \times V.$$

Os níveis de risco são calculados diretamente a partir da matriz de Verossimilhança e da Gravidade; os respetivos valores são apresentados na Tabela 23. Na Tabela 24 são apresentados os 4 níveis (bandas) de risco considerados, bem como os respetivos limites.

Quanto ao nível da atuação, considera-se que, com um nível de risco ≥ 80 (vermelho), os trabalhos devem parar até que o problema seja resolvido. Numa banda entre $32 \leq NR < 80$ (laranja), o risco é grave e a sua resolução é urgente.

Tabela 20: Valoração do parâmetro Gravidade (G)

Parâmetro	Descrição	Valor
Gravidade	Aspetos que podem causar a morte	16
	Aspetos que podem causar lesões graves, com incapacidade permanente absoluta (IPA)	8
	Aspetos que podem causar lesões graves, com incapacidade temporária absoluta (ITA)	4
	Aspetos que podem causar lesões menores com incapacidade temporária parcial (ITP)	2
	Aspetos que não apresentem perigosidade, unicamente podem causar lesões menores ser qualquer tipo de incapacidade associada	1

Tabela 21: Valoração do parâmetro Extensão do Impacte (E)

Parâmetro	Descrição	Valor
Extensão do Aspeto	Aspeto cuja extensão atinge 5 ou mais trabalhadores	5
	Aspeto cuja extensão atinge 4 trabalhadores	4
	Aspeto cuja extensão atinge 3 trabalhadores	3
	Aspeto cuja extensão atinge 2 trabalhadores	2
	Aspeto cuja extensão atinge 1 trabalhador	1

Tabela 22: Valoração do parâmetro Frequência do Aspeto (F)

Parâmetro	Descrição	Valor
Frequência do aspeto	Periodicidade diária: correspondente a aspetos que ocorrem de forma contínua e diariamente	5
	Aspetos que ocorrem três ou mais vezes por semana	4
	Aspetos que ocorrem uma a duas vezes por semana	3
	Aspeto que ocorre de forma pontual durante o mês	2
	Correspondente às situações de emergência, acidentais ou pontuais	1

Tabela 23: Matrizes de Verossimilhança e de Níveis de Risco

Matriz de Verossimilhança						Níveis de Risco (NR)					
	1	2	3	4	5	G	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5	1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10	2	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15	4	12	24	36	48	60
4	4	8	12	16	20	8	32	64	96	128	160
5	5	10	15	20	25	16	80	160	240	320	400

Tabela 24: Bandas de valoração do risco e de priorização da intervenção

	Risco (NR)
1 - Baixo	Nível de risco < 12
2 - Médio	$12 \leq$ Nível de risco < 32
3 - Elevado	$32 \leq$ Nível de risco < 80
4 - Muito elevado	Nível de risco ≥ 80

4.6 Controlo do Risco

Para além da avaliação do risco com a formatação tradicional, em que o respetivo nível corresponde a uma ponderação da gravidade, da exposição e da extensão do impacto da potencial ocorrência, a presente proposta acrescenta mais um parâmetro que corresponde à eficácia dos sistemas de prevenção e controlo implementados. Essa ponderação procura refletir o nível de atenção que é dado à segurança ocupacional na organização e é efetuada utilizando uma escala que vai desde a inexistência absoluta de qualquer sistema de controlo até à existência de um sistema de gestão da segurança implementado, auditado e funcional.

Nesta perspetiva, após a determinação do nível de risco, o passo seguinte consiste na avaliação do Desempenho do Sistema de Prevenção e Controlo existentes. Essa avaliação é efetuada recorrendo a uma escala (Tabela 25), em que o nível mais baixo corresponde à total inexistência de medidas de Prevenção e Controlo e o nível mais alto é atribuído quando existe um sistema de gestão da segurança oficialmente implementado, funcional e eficaz. Nos dois níveis mais baixos, o valor absoluto do risco calculado será agravado, podendo mesmo duplicar o seu valor. No nível intermédio, o valor absoluto do risco calculado é mantido inalterado. Nos dois níveis mais elevados, quando existe um sistema de gestão do risco, considera-se que o risco pode ser desagravado num valor que poderá ir até aos 25%, em função da qualidade e empenho dessa gestão.

Tabela 25: Valoração do Desempenho do Sistema de Prevenção e controlo (PC)

Parâmetro	Descrição	Valor
Desempenho do sistema de prevenção e controlo	Não existe sistema de gestão da prevenção nem de controlo implementado.	0,50
	Não existe sistema de gestão da prevenção implementado e as práticas de segurança resumem-se à utilização pontual de EPI's.	0,75
	Não existe sistema de gestão da prevenção implementado, mas existem práticas de segurança funcionais.	1
	Existe um sistema de gestão da prevenção implementado, mas sem evidências da sua adequada funcionalidade.	1,1
	Existe um sistema de gestão da prevenção implementado e evidências objetivas da sua adequada funcionalidade.	1.25

Com a ponderação do risco pelas Medidas de Prevenção e Controlo é obtido o valor do risco a considerar para efeitos do passo seguinte que é o da Gestão do Risco. A esse novo valor será atribuída a designação de Nível de Risco Ponderado (NRP), em que:

$$\text{NRP} = \text{NR/PC}$$

Na Tabela 26 pode ser verificado o comportamento do parâmetro NRP. Quando o nível de Desempenho do Sistema de Prevenção e Controlo é “1”, significa que o Nível de Risco Ponderado (NRP) mantém exatamente o mesmo valor que o Nível de Risco (NR) - Tabela 26. No entanto, à medida que o nível de Prevenção e Controlo (PC) baixa, a área da tabela assinalada a vermelho aumenta, significando que as situações a que o trabalhador se encontra exposto num Risco Muito Elevado também aumentam (dois quadros da esquerda da Tabela 26). Quando o nível de PC aumenta, a segurança dos trabalhadores expostos também aumenta, o que faz com que haja uma ligeira redução das situações consideradas como sendo de Risco Muito Elevado (dois quadros da direita da Tabela 26).

Embora a ponderação dada ao nível de Prevenção e Controlo (0,5-1,25) possa ser discutível, considera-se que a valorização de sistemas operacionais e eficazes de gestão do risco é um forte contributo real para a redução do risco efetivo a que os trabalhadores estão expostos e, consequentemente, para a redução dos níveis de sinistralidade.

Tabela 26 – Níveis de risco após aplicação do parâmetro do Desempenho do Sistema de Prevenção e Controlo (NRP)

PC=0,5					PC=0,75					PC=1					PC=1,1					PC=1,25				
2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	1,3	2,7	4,0	5,3	6,7	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0
8,0	16,0	24,0	32,0	40,0	5,3	10,7	16,0	21,3	26,7	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0	3,6	7,3	10,9	14,5	18,2	3,2	6,4	9,6	12,8	16,0
24,0	48,0	72,0	96,0	120,0	16,0	32,0	48,0	64,0	80,0	12,0	24,0	36,0	48,0	60,0	10,9	21,8	32,7	43,6	54,5	9,6	19,2	28,8	38,4	48,0
64,0	128,0	192,0	256,0	320,0	42,7	85,3	128,0	170,7	213,3	32,0	64,0	96,0	128,0	160,0	29,1	58,2	87,3	116,4	145,5	25,6	51,2	76,8	102,4	128,0
160,0	320,0	480,0	640,0	800,0	106,7	213,3	320,0	426,7	533,3	80,0	160,0	240,0	320,0	400,0	72,7	145,5	218,2	290,9	363,6	64,0	128,0	192,0	256,0	320,0

Nota – **Azul**: Valor do nível de Prevenção e Controlo existente na organização – PC;

– **Outras cores**: Nível de Risco Ponderado (NRP) após aplicação do parâmetro Desempenho do Sistema de Prevenção e Controlo.

4.7 Gestão do Risco

Com os critérios de priorização da intervenção, pretende-se fornecer ao especialista critérios racionais de gestão, tendo por base os princípios de um sistema de melhoria contínua. O racional da intervenção consiste em dar prioridade às intervenções de menor custo e de menor complexidade técnica, em particular àquelas que podem ter implementação imediata, como por exemplo, simples alterações de procedimentos e ordens de trabalho. Para último lugar são deixadas as situações em que é necessário um grande investimento e/ou soluções técnicas complexas como, por exemplo, a introdução de novas tecnologias, novos processos, alterações de *layout*, ou a contratação de especialistas externos.

A alteração deste parâmetro, face aos trabalhos de outros autores e desenvolvidos em fases anteriores (Artalheiro et al., 2010), (Sousa I., 2015) (Tabela 18), resultou da aplicação da metodologia Dephi realizada no decorrer do trabalho de Silva, Guedes, & Baptista, (2018), em que a generalidade dos especialistas considerou a aplicação de um parâmetro diretamente relacionado com o custo de implementação da medida, tornando a sua implementação complexa e subjetiva. Subjetividade essa que se pretende minimizar ou mesmo, se possível, anular no desenho do método. Assim, o conceito do parâmetro foi alterado de "Custo e complexidade técnica" para "Priorização do risco", deixando cair a avaliação do custo considerada pelos especialistas como subjetiva.

No presente trabalho, é proposta uma valoração dos descritores de Priorização da Intervenção entre 1 e 400, em que este último valor corresponde ao valor máximo do NR. Os valores intermédios (12, 32 e 80) correspondem aos descritores do parâmetro para os níveis médio e elevado (Tabela 27).

Não sendo este parâmetro um indicador de risco, mas sim um indicador de prioridade de intervenção, decidiu-se que deveria ser dada prioridade aos riscos cuja eliminação, ou mitigação, acarretasse um custo baixo ou desprezível, associado a uma elementar complexidade técnica de implementação. Isso permitiria uma intervenção imediata para o corrigir. Neste contexto, um risco classificado como “baixo” poderá ser o primeiro a ser intervencionado e corrigido. A título de exemplo, um risco que possa ser mitigado com uma simples ordem de serviço como, “Não são permitidas intervenções na rede elétrica com a mesma em carga” ou “só podem ser feitas intervenções no britador primário com todo o sistema - alimentador e primário - parado”.

No extremo oposto, um risco classificado como “Elevado”, pode ser intervencionado numa fase posterior, caso a sua correção exija custos elevados associados a uma também elevada complexidade técnica, por exemplo, a substituição de um equipamento por outro com maiores garantias de segurança.

Com esta escala pretende-se conseguir alterar completamente a ordem de classificação dos riscos pelo respetivo nível. Na discriminação do parâmetro, optou-se por uma escala com 5 níveis, seguindo a proposta de Sousa (2015).

Tabela 27 – Critérios de Priorização da Intervenção

Parâmetro	Descrição	Valor
Critérios de priorização da intervenção	Medidas de prevenção de baixo investimento e complexidade técnica básica (resolvem-se com procedimentos e instruções de trabalho).	400
	Medidas de prevenção/correção com baixo investimento e complexidade técnica reduzidas (intervenção simples, pequenas alterações em equipamentos, EPI's, formação).	80
	Medidas de prevenção/correção de investimento médio e complexidade técnica média (contratação de TSSHT, entre outros).	32
	Metodologia de prevenção/correção com investimento e complexidade técnica alta (proteções coletivas, pequenas alterações de processos).	12
	Metodologia de prevenção/correção com investimento e complexidade técnica elevada (novas tecnologias, novos processos, alterações de <i>Layout</i> , contratação de especialistas externos).	1

A valoração adotada (Tabela 28) permite modificar completamente a ordem da avaliação efetuada nos NRP. De acordo com esta classificação, um risco com um Nível de Priorização superior ou igual a 57600 terá intervenção imediata, enquanto um outro com uma classificação inferior a 4800 terá menor prioridade de intervenção. Nesta fase, os valores limite ainda não foram alvo de qualquer análise e são apenas indicativos.

Tabela 28: Nível de Priorização

	Nível de Priorização (NP)
1 - Prioridade Baixa	< 4800
2 - Prioridade Média	$4800 \leq \text{índice de risco} < 25\,600$
3 - Prioridade Elevada	$25600 \leq \text{índice de risco} < 57600$
4 - Prioridade Muito elevada	≥ 57600

4.8 Metodologia Delphi

Com a utilização da metodologia Delphi pretendeu-se criar as condições para um efetivo teste da hipótese apresentada. De uma forma concreta e objetiva pretende-se, com o apoio de um painel de especialistas, produzir um conjunto de descritores de parâmetros que formem um contínuo e que evite, ou pelo menos minimize, as dúvidas na opção por um dos descritores de um método matricial. Pressupõe-se que, se os descritores constituírem um contínuo coerente sem sobreposições, os resultados garantirão a reprodutibilidade.

4.8.1 Apresentação da metodologia

Após a elaboração das matrizes de valoração, controlo e gestão do risco, passou-se à fase de validação das mesmas. Essa validação foi efetuada com o recurso à metodologia Delphi, recorrendo a um painel de 37 especialistas.

A metodologia Delphi foi desenvolvida pela *RAND Corporation*¹⁷ em 1950 e baseia-se num processo estruturado para recolha de conhecimento sobre um determinado tema. Esse conhecimento é recolhido e sistematizado através da troca de opiniões de um grupo de especialistas, com a utilização de questionários de resposta controlada (Dalkey & Helmer, 1963) (Okoli & Pawlowski, 2004) (Sourani & Sohail, 2015).

Em termos práticos, a metodologia Delphi consiste na recolha de opiniões de forma anónima com recurso a questionários realizados em várias rondas, tantas quantas necessárias para obtenção de consenso (Vernon, 2009) (Trevelyan & Robinson, 2015).

Esta abordagem é particularmente útil quando existe falta de acordo e o conhecimento é incompleto sobre um determinado tema. Esta metodologia permite, assim, superar as desvantagens das vias tradicionais de consulta em dinâmicas de grupo (Gracht, 2012) (Trevelyan & Robinson, 2015).

Numa primeira ronda é elaborada a questão alvo de estudo e efetuada a recolha de respostas e sugestões de melhoria. Os resultados e sugestões de alteração são analisados e é efetuado um novo questionário, dando sempre possibilidade a cada especialista de reconsiderar a sua resposta. O número de rondas termina quando se atinge consenso entre os elementos do painel (Vernon, 2009) (Sourani & Sohail, 2015) (Trevelyan & Robinson, 2015).

Os questionários são concebidos de forma a obter respostas individuais e permitir, ao mesmo tempo, que cada especialista aperfeiçoe o seu conhecimento e opinião à medida que o trabalho for progredindo (Okoli & Pawlowski, 2004) (Vernon, 2009) (Sourani & Sohail, 2015).

Uma das principais características da metodologia é o anonimato, já que todo o processo é liderado por um moderador, que é responsável por fornecer as respostas e sugestões de cada ronda a cada especialista, minimizando assim o risco de enviesamento das respostas (Gracht, 2012).

Outro fator importante é o de permitir manter uma interação controlada entre cada uma das rondas. O moderador do processo recebe as respostas e sugestões de melhoria de cada ronda e constrói a próxima ronda considerando o objetivo principal do processo, e fornecendo a todo o painel as sugestões de alteração e de melhoria propostas, permitindo sempre que, na ronda seguinte, cada especialista reavalie o seu ponto de vista (Hallowell & Gambatese, 2010) (Sourani & Sohail, 2015).

No que respeita à seleção de especialistas, não existe um número ideal definido na bibliografia, já que em diferentes estudos o número de especialistas é variável. Estudos sugerem apenas haver um número mínimo de especialistas, 8 a 10 de acordo com (Mitchell & McGoldrick, 1994) ou 8 a 16 (Hallowell & Gambatese, 2010) (Trevelyan & Robinson, 2015). A maioria das aplicações da metodologia Delphi considerou um painel constituído entre os 11 e os 50 especialistas (Diamond, et al., 2014).

Sugere-se um painel com conhecimento homogéneo sobre a área em que incide o estudo mas com experiência variada, já que irá permitir um maior leque de conhecimento, de alternativas e sugestões enriquecedoras (Trevelyan & Robinson, 2015) (Sourani & Sohail, 2015).

O primeiro questionário deve ser construído de acordo com o objetivo principal do estudo e das questões a que se pretende obter resposta. As questões devem ser objetivas e de fácil interpretação e deve ser concedida a oportunidade a que o especialista faça sugestões de alteração e /ou melhoria.

¹⁷ <https://www.rand.org/topics/delphi-technique.html?content-type=research>

As respostas recolhidas deverão permitir desenhar uma tendência geral de resposta ao objetivo principal, bem como as sugestões de alteração e/ou melhoria.

Relativamente à percentagem de respostas dadas como forma de avaliar o fator de consenso, a literatura refere que consenso não significa 100% de acordo entre o painel de especialistas. Aliás, dá ênfase a que a obtenção dessa percentagem é praticamente inatingível de obter entre um grupo de pessoas com conhecimento e experiências diferentes. Normalmente, é definido como consenso uma percentagem acima de 70% (Hsu & Sandford, 2007) (Vernon, 2009) (Gracht, 2012) (Diamond, et al., 2014) (Sourani & Sohail, 2015).

4.8.2 Aplicação da metodologia

A aplicação da metodologia surgiu da necessidade de verificar a adequação de critérios de discriminação de parâmetros de avaliação de risco da metodologia de avaliação adotada. Para o painel de especialistas considerou-se como fator primordial o conhecimento e prática na área da Higiene e Segurança Ocupacionais, nomeadamente em avaliação de risco.

Para a seleção dos especialistas considerou-se como critérios de inclusão:

- Possuir formação e experiência profissional em Segurança e Saúde Ocupacionais;
- Possuir formação académica superior, pelo menos ao nível de licenciatura.

Foram enviados 60 convites via correio eletrónico, onde foi efetuado o enquadramento do estudo e o convite para participação. Aceitaram fazer parte do painel 37 especialistas.

A totalidade dos 37 especialistas possui conhecimentos na área de Segurança e Saúde Ocupacionais, sendo que 30 exercem a profissão de técnico superior em Higiene e Segurança do Trabalho e 7 são docentes do ensino superior na área. O painel manteve-se o mesmo até ao final das 3 rondas.

Os questionários foram enviados por correio eletrónico a cada um dos 37 especialistas, onde foi dado acesso a uma hiperligação para o formulário da ferramenta Google. Cada especialista preencheu o formulário e resubmeteu na mesma ferramenta.

1ª RONDA

No questionário da 1ª ronda (ver apêndice 3) foram apresentadas as tabelas com os critérios de valoração dos parâmetros Gravidade, Extensão do Impacte, Frequência, Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo e, Critérios de priorização da intervenção (Tabela 29, Tabela 30, Tabela 31, Tabela 32, Tabela 33).

O questionário foi desenvolvido utilizando a ferramenta de questionários *Google Forms*. Esta ferramenta permitiu também garantir o anonimato, um dos requisitos fundamentais da metodologia (Gracht, 2012) (Sourani & Sohail, 2015) (Trevelyan & Robinson, 2015).

Tabela 29: Gravidade – 1ª ronda


Parâmetros de Avaliação	Descrição	
Gravidade	Aspetos que podem causar a morte.	
	Aspetos que podem causar lesões graves, com incapacidade permanente absoluta (IPA)	
	Aspetos que podem causar lesões graves, com incapacidade temporária absoluta (ITA)	
	Aspetos que podem causar lesões menores com incapacidade temporária parcial (ITP)	
	Aspetos que não apresentem perigosidade, unicamente podem causar lesões menores sem qualquer tipo de incapacidade associada.	

Tabela 30: Extensão do Impacte – 1ª ronda


Parâmetros de Avaliação	Descrição	
Extensão do impacte	Aspeto cuja extensão atinge 5 ou mais trabalhadores	
	Aspeto cuja extensão atinge 4 trabalhadores	
	Aspeto cuja extensão atinge 3 trabalhadores	
	Aspeto cuja extensão atinge 2 trabalhadores	
	Aspeto cuja extensão atinge 1 trabalhador	

Tabela 31: Frequência com que ocorre o aspeto – 1ª ronda


Parâmetros de Avaliação	Descrição	
Frequência com que ocorre o aspeto	Periodicidade diária: correspondente a aspetos que ocorrem de forma contínua e diariamente	
	Aspetos que ocorrem três ou mais vezes por semana	
	Aspetos que ocorrem uma a duas vezes por semana	
	Aspetos que ocorre de forma pontual durante o mês	
	Correspondente às situações de emergência, acidentais ou pontuais	

Tabela 32: Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo – 1ª ronda



Parâmetros de Avaliação	Descrição	
Desempenho dos sistemas de prevenção e controlo	Não existe sistema de prevenção nem de controlo implementado	
	Não existe sistema de gestão da prevenção implementado e as práticas de segurança resumem-se à utilização pontual de EPI	
	Não existe sistema de gestão da prevenção implementado mas existem práticas de segurança funcionais	
	Existe um sistema de gestão da prevenção implementado mas sem evidências da sua adequada funcionalidade	
	Existe um sistema de gestão da prevenção implementado e evidências objetivas da sua adequada funcionalidade	

Tabela 33: Critérios de Priorização da Intervenção – 1ª ronda

Parâmetros de Avaliação	Descrição	
Critérios de priorização da intervenção	Medidas de prevenção de baixo investimento e complexidade técnica básica (resolvem-se com procedimentos e instruções de trabalho)	Mais Grave  Menos Grave
	Medidas de prevenção/correção com baixo investimento e complexidade técnica reduzidas (intervenção simples, pequenas alterações em equipamentos, EPI, formação)	
	Medidas de prevenção/correção de investimento médio e complexidade técnica média (Contratação de TSSHT, entre outros)	
	Metodologia de prevenção/correção com investimento e complexidade técnica alta (Proteções coletivas, pequenas alterações de processos)	
	Metodologia de prevenção/correção com investimento e complexidade técnica elevadas (Novas tecnologias, novos processos, alterações de Layout, Contratação de especialistas externos)	

O conjunto de questões colocadas para cada um dos parâmetros a avaliar foi o mesmo e apresentou a seguinte sequência:

1. Considera que as descrições dos níveis do parâmetro (era indicado aqui de seguida o respetivo parâmetro: *Gravidade, Extensão do Impacte, Frequência com que ocorre o aspeto, Desempenho dos Sistemas de Prevenção, Controlo* ou, *Critérios de Priorização da Intervenção*) são as adequadas?
2. Considera que existe alguma situação intermédia, acima ou abaixo dos níveis de (era aqui indicado de seguida o respetivo parâmetro: *Gravidade, Extensão do Impacte, Frequência com que ocorre o aspeto, Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo* ou, *Critérios de Priorização da Intervenção*) indicados na tabela?
3. Se respondeu sim à questão anterior, o que acrescentaria e em que posição? (Se respondeu "não" na questão anterior, escreva por favor "n/a").
4. Eliminaría ou substituiría o texto de algum dos níveis do parâmetro (era indicado aqui de seguida o respetivo parâmetro: *Gravidade, Extensão do Impacte, Frequência com que ocorre o aspeto, Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo* ou, *Critérios de Priorização da Intervenção*)?
5. Se respondeu "sim" à questão anterior, indique o que alteraria. Se respondeu "não" na questão anterior, escreva por favor "n/a".

Nas questões 1, 2 e 4 foram consideradas como opções de resposta “sim e “não”. As questões 3 e 5 permitiam ao especialista efetuar sugestões de alteração e/ou de melhoria em cada um dos parâmetros.

As respostas foram recolhidas de forma a analisar a tendência geral, bem como as sugestões de alteração e/ou melhoria. Foram também, analisadas as percentagens de consenso e calculada a média em cada uma das respostas.

No final da 1ª ronda, procedeu-se à alteração/ajuste dos itens de cada parâmetro através das sugestões dadas pelo painel, seguido de elaboração de um novo questionário (ver apêndice4) onde constavam, para além das tabelas iniciais de cada um dos parâmetros, as novas tabelas construídas com as sugestões de alteração e/ou melhoria obtidas nas respostas desta 1ª ronda.

2ª RONDA

Na 2ª ronda foi solicitado a cada um dos especialistas que reavaliasse cada uma das tabelas construídas a partir das sugestões de alteração e/ou melhoria, propostas na 1ª ronda e, novamente, as tabelas inicialmente propostas (ver apêndice 4). Após esta análise, cada especialista deveria optar pela tabela que considerasse mais adequada para avaliar o parâmetro em causa (Tabela 34, Tabela 35, Tabela 36, Tabela 37, Tabela 38, Tabela 39, Tabela 40, Tabela 41, Tabela 42). Para facilidade de análise, as sugestões de alteração foram assinaladas com letra de cor azul.

Alternativas para o Parâmetro Gravidade

Tabela 34: 2ª ronda, Parâmetro Gravidade, tabela inicial


Parâmetros de Avaliação	Descrição	
Gravidade	Aspetos que podem causar a morte.	
	Aspetos que podem causar lesões graves, com incapacidade permanente absoluta (IPA)	
	Aspetos que podem causar lesões graves, com incapacidade temporária absoluta (ITA)	
	Aspetos que podem causar lesões menores com incapacidade temporária parcial (ITP)	
	Aspetos que não apresentem perigosidade, unicamente podem causar lesões menores sem qualquer tipo de incapacidade associada.	

Tabela 35: 2ª ronda, Gravidade, 1ª proposta de alteração



Parâmetros de Avaliação	Descrição	
Gravidade	Aspetos que podem causar a morte. <u>Aspetos que podem causar lesões graves, com incapacidade permanente absoluta (IPA) para todo e qualquer trabalho</u>	
	<u>Aspetos que podem causar lesões graves, com incapacidade temporária absoluta (ITA) ou incapacidade permanente absoluta (IPA) não incluída no item anterior.</u>	
	Aspetos que podem causar lesões menores com incapacidade temporária parcial (ITP)	
	<u>Aspetos que não apresentem perigosidade, unicamente podem causar lesões menores sem qualquer tipo de incapacidade associada.</u>	
	<u>Aspetos que podem causar um incidente mas sem qualquer tipo de lesão.</u>	

Tabela 36: 2ª ronda, Gravidade, 2ª proposta de alteração

Parâmetros de Avaliação	Descrição	
Gravidade	<u>Aspetos que podem causar a morte. Aspetos que podem causar lesões graves, com incapacidade permanente absoluta (IPA) para todo e qualquer trabalho.</u>	
	<u>Aspetos que podem causar lesões graves, com incapacidade temporária absoluta (ITA) > 30 dias ou incapacidade permanente absoluta (IPA) não incluída no item anterior.</u>	
	<u>Aspetos que podem causar lesões menores com incapacidade temporária parcial (ITP) ou incapacidade temporária absoluta (ITA) < 30 dias.</u>	
	<u>Aspetos que não apresentem perigosidade, unicamente podem causar lesões menores sem qualquer tipo de incapacidade associada.</u>	
	<u>Aspetos que podem causar um incidente mas sem qualquer tipo de lesão.</u>	

Alternativas para o Parâmetro Extensão do impacto

Tabela 37: 2ª ronda, Extensão do Impacte, tabela inicial



Parâmetros de Avaliação	Descrição	
Extensão do impacto	Aspeto cuja extensão atinge 5 ou mais trabalhadores	Mais Grave  Menos Grave
	Aspeto cuja extensão atinge 4 trabalhadores	
	Aspeto cuja extensão atinge 3 trabalhadores	
	Aspeto cuja extensão atinge 2 trabalhadores	
	Aspeto cuja extensão atinge 1 trabalhador	

Tabela 38: 2ª ronda, Extensão do Impacte, proposta de alteração

Parâmetros de Avaliação	Descrição	
Extensão do impacto	Aspeto cuja extensão pode atingir 5 ou mais trabalhadores	Mais Grave  Menos Grave
	Aspeto cuja extensão pode atingir 4 trabalhadores	
	Aspeto cuja extensão pode atingir 3 trabalhadores	
	Aspeto cuja extensão pode atingir 2 trabalhadores	
	Aspeto cuja extensão pode atingir 1 trabalhador	

Alternativas para o Parâmetro Frequência com que ocorre o aspeto

Tabela 39: 2ª ronda, Frequência, tabela inicial



Parâmetros de Avaliação	Descrição	
Frequência com que ocorre o aspeto	Periodicidade diária: correspondente a aspetos que ocorrem de forma contínua e diariamente	Mais Grave  Menos Grave
	Aspetos que ocorrem três ou mais vezes por semana	
	Aspetos que ocorrem uma a duas vezes por semana	
	Aspetos que ocorre de forma pontual durante o mês	
	Correspondente às situações de emergência, acidentais ou pontuais	

Tabela 40: 2ª ronda, Frequência, proposta de alteração

Parâmetros de Avaliação	Descrição	
Frequência com que ocorre o aspeto	Periodicidade diária: correspondente a aspetos que ocorrem de forma contínua e diariamente	Mais Grave  Menos Grave
	Aspetos que ocorrem ao longo do dia de forma não contínua, 3 ou mais dias por semana	
	Aspetos que ocorrem uma a duas vezes por semana	
	Aspetos que ocorre de forma pontual até 3 vezes por mês	
	Aspetos que corresponde a trabalhos de manutenção, a situações de emergência, acidentais ou pontuais	

Alternativas para o Parâmetro Desempenho dos sistemas de prevenção e controlo

Tabela 41: 2ª ronda, Desempenho dos sistemas de prevenção e controlo, tabela inicial



Parâmetros de Avaliação	Descrição	
Desempenho dos sistemas de prevenção e controlo	Não existe sistema de prevenção nem de controlo implementado	
	Não existe sistema de gestão da prevenção implementado e as práticas de segurança resumem-se à utilização pontual de EPI	
	Não existe sistema de gestão da prevenção implementado mas existem práticas de segurança funcionais	
	Existe um sistema de gestão da prevenção implementado mas sem evidências da sua adequada funcionalidade	
	Existe um sistema de gestão da prevenção implementado e evidências objetivas da sua adequada funcionalidade	

Tabela 42: 2ª ronda, Desempenho dos sistemas de prevenção e controlo, Proposta de alteração

Parâmetros de Avaliação	Descrição	
Desempenho dos sistemas de prevenção e controlo	Não existe sistema de prevenção nem de controlo implementado	
	Não existe sistema de gestão da prevenção implementado e as práticas de segurança resumem-se à utilização pontual de EPI	
	Não existe sistema de gestão da prevenção implementado mas existem práticas de segurança funcionais	
	Existe um sistema de gestão da prevenção implementado mas sem evidências da sua adequada funcionalidade	
	Existe um sistema implementado de melhoria continua interligado ao sistema de gestão de segurança	

3ª RONDA

A 3ª ronda consistiu na divulgação dos resultados obtidos na 2ª ronda pelo painel de especialistas. Nesta 3ª ronda foram enviadas a cada especialista as tabelas da 2ª ronda, mas agora com as respetivas votações em termos de média (ver apêndice 5). Era também indicada a votação do especialista para o qual essa informação era enviada. Cada especialista era assim convidado a analisar os resultados médios do painel na 2ª ronda, comparando-os com as suas respostas. Após essa análise, foi solicitado que tomasse uma das seguintes decisões:

- Manter a resposta original;
- Reavaliar a resposta inicial e alterá-la.

No final da 3ª ronda, procedeu-se à análise dos resultados e decidiu-se, dadas as percentagens de consenso obtidas, acima dos 75%, terminar o painel (Hsu & Sandford, 2007) (Vernon, 2009) (Trevelyan & Robinson, 2015) (Sourani & Sohail, 2015).

5 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Os resultados apresentados representam a avaliação de 50 riscos, enquadrados nos respectivos contextos da IECA e avaliados por 45 especialistas. Essa avaliação foi efetuada a partir de um conjunto de parâmetros de avaliação baseados no método MIAR, apresentado pela primeira vez por Artilheiro et al. (2010). Desde a sua primeira apresentação, o método tem vindo a ser trabalhado e esses parâmetros foram sofrendo toda uma evolução no sentido de serem ajustados a diferentes atividades (Antunes, Baptista, & Diogo, 2010) (Bessa & Baptista, 2015) (Sousa I. , 2015) (Botelho, 2015) (Guimarães, 2016). No presente trabalho, os parâmetros e os seus descritores foram ajustados às condicionantes da IECA, e depois discutidos e consensualizados por um conjunto de 37 especialistas. Os dois grupos de especialistas foram constituídos por diferentes elementos.

5.1 Metodologia Delphi

5.1.1 Primeira Ronda

No questionário da 1ª ronda (ver apêndice 3) foram apresentadas as tabelas com os critérios de valoração dos parâmetros Gravidade, Extensão do Impacte, Frequência, Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo e, Critérios de priorização da intervenção (Tabela 29, Tabela 30, Tabela 31, Tabela 32). Nos parágrafos seguintes serão apresentados os respetivos resultados.

Parâmetro Gravidade

Quando questionados sobre a adequabilidade da descrição do parâmetro *Gravidade*, 89% dos especialistas considerou que a descrição dos níveis do parâmetro “Gravidade” era adequada (Figura 26). No entanto, 78% considerou que existia uma situação intermédia, acima ou abaixo dos níveis indicados (Figura 25).

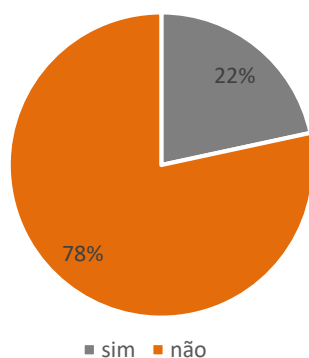


Figura 25: Percentagem de respostas à 2ª pergunta da 1ª ronda- Gravidade

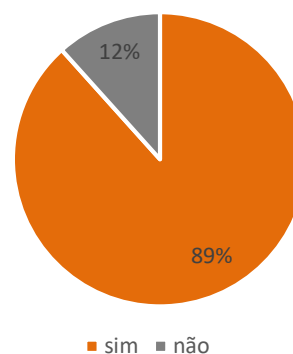


Figura 26: Percentagem de respostas à 1ª pergunta da 1ª ronda- Gravidade

Nesse sentido, foram por 22% dos especialistas efetuadas propostas de alteração e sugestões de melhoria apresentadas na Tabela 43 na sua forma resumida (Figura 25).

Tabela 43 - Propostas de alteração e/ou melhoria do parâmetro Gravidade, 1ª ronda

Sugestões de alteração dos níveis de gravidade ou do parâmetro
<i>"Desdobrar o nível "Aspetos que podem causar lesões graves, com ITA" em "Aspetos que podem causar lesões graves, com ITA inferior a 30 dias" e "Aspetos que podem causar lesões graves, com ITA superior a 30 dias""</i>
<i>"Em última posição (menos grave) colocaria: "Aspetos que podem provocar um incidente, não resultando em lesão"2</i>
<i>"Colocar intervalos temporais para cada um dos tipos de incapacidade"</i>

Quando questionados sobre se eliminariam ou substituiriam algum dos níveis do parâmetro, 70% dos especialistas foram da opinião que não o fariam (Figura 27).

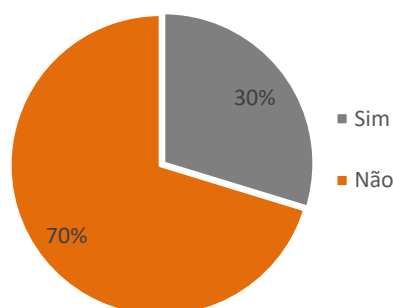


Figura 27: Percentagem de respostas à 4ª pergunta da 1ª ronda- Gravidade

No seguimento da questão anterior, 30 % dos especialistas efetuaram as propostas de alteração e /ou sugestões de melhoria, apresentadas na Tabela 44.

Tabela 44: Propostas de alteração e/ou melhoria, 5ª pergunta, 1ª ronda

Sugestões de alteração dos níveis de gravidade ou do parâmetro
<i>"A Gravidade das lesões com incapacidade permanente absoluta superiores (ex., acima de 70%, ou valor próximo) deve ser considerada igual a "Aspetos que podem causar morte"."</i>
<i>"Desdobrar o nível "Aspetos que podem causar lesões graves, com ITA" em "Aspetos que podem causar lesões graves, com ITA inferior a 30 dias" e "Aspetos que podem causar lesões graves, com ITA superior a 30 dias""</i>

Parâmetro Extensão do Impacte

Relativamente ao parâmetro "Extensão do Impacte", 81% dos especialistas considerou que os descritores do parâmetro (Tabela 21) eram adequados e 19% considerou ainda que não existe uma situação intermédia, acima ou abaixo dos níveis do parâmetro (Figura 28).

Foram sugeridas por 19% dos especialistas as sugestões de alteração e/ou melhoria apresentadas na tabela Tabela 45.

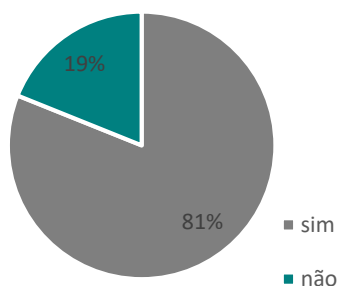


Figura 28: Percentagem de respostas à 1ª e 2ª pergunta, 1ª ronda- Extensão Impacte

Tabela 45: Sugestões de alteração, 3ª pergunta 1ª ronda- Extensão Impacte

Sugestões de alteração dos níveis de gravidade ou do parâmetro
<i>“Em último lugar (menos grave) ”aspeto cuja extensão atinge o local de trabalho/meios necessários para o funcionamento adequado do mesmo”</i>

Questionados sobre se eliminariam algum dos níveis, 18% efetuariam alterações (Figura 29).

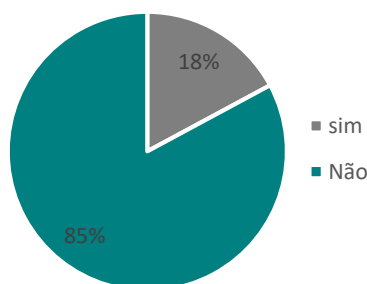


Figura 29 Respostas à 4ª pergunta, 1ª ronda- Extensão Impacte

As sugestões de alteração e/ou melhoria apresentadas estão descritas na Tabela 46.

Tabela 46: Sugestões de alteração, 5ª pergunta, 1ª ronda- Extensão Impacte

Sugestões de alteração dos níveis de gravidade ou do parâmetro
<i>“Alteraria o texto "Impacte" por "Consequências". O termo impacte é um neologismo aplicado a área do ambiente”.</i>
<i>“Para além do facto de o aspeto atingir o respetivo número de trabalhadores, incluía o potencial de poder afetar esse mesmo número de trabalhadores. Ex.: "Aspeto cuja extensão atinge (ou poderá atingir) 3 trabalhadores”.”</i>

Parâmetro Frequência do Aspeto

No que respeita a adequabilidade do parâmetro, 76% dos especialistas considera que a descrição dos diferentes níveis é adequada (Figura 30), 74% aponta que não existe a necessidade de definir uma situação intermédia entre os níveis existentes para o parâmetro (Figura 31).

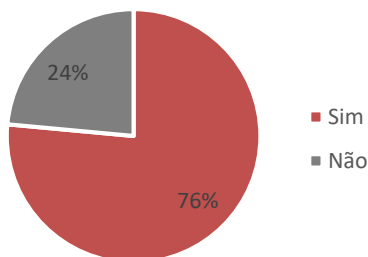


Figura 30: Percentagem de respostas à 1ª pergunta, 1ª ronda- Frequência

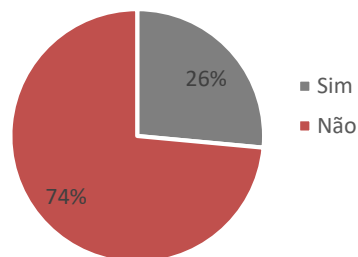


Figura 31: Percentagem de respostas à 2ª pergunta, 1ª ronda- Frequência

Quando os especialistas foram questionados sobre se acrescentariam um nível intermédio, acima ou abaixo de algum dos níveis identificados, 26% sugeriram as alterações apresentadas na Tabela 47 (Figura 32).

Tabela 47: Sugestões de alteração, 3ª pergunta, 1ª ronda- Frequência

Sugestões de alteração dos níveis de gravidade ou do parâmetro
<i>"Acrescentar na penúltima posição de "menos grave" a situação de "Aspetos de periodicidade sazonal ou programada, relacionados com trabalhos de manutenção ou fases de obra"</i>
<i>"Associar cada linha da tabela e acrescentar ou adequar com – contínua frequente, ocasional, raramente ou pouco provável2."</i>
<i>"Classificar em horas de trabalho"</i>

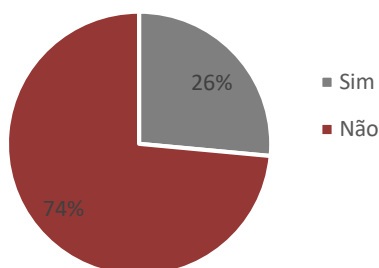


Figura 32: Percentagem de respostas à 4ª pergunta, 1ª ronda- Frequência

As sugestões de alteração e/ou de melhoria dadas quando questionados sobre se pretendiam substituir ou eliminar dos níveis, encontram-se apresentadas na Tabela 48.

Tabela 48: Sugestões de alteração e/ou melhoria, 5ª pergunta, 1ª ronda- Frequência

Sugestões de alteração dos níveis de gravidade ou do parâmetro
<i>"Na 2ª posição - Periodicidade semanal"</i>
<i>"Eliminava "3 ou mais vezes por semana" pois tem muita aproximação à periodicidade diária"</i>
<i>"Aspeto que ocorre de forma pontual durante o mês (< 4 vezes/mês)"</i>
<i>"Situação de "Aspetos que ocorre de forma pontual durante o mês" deveria estar definido de uma forma mais precisa na questão pontual, por exemplo 1 ou 2 vezes por mês".</i>
<i>"Classificação em horas de trabalho"</i>
<i>"Muito raramente (<1/ano); Raramente (1/ano); Algumas vezes (1/mês); Semanalmente (1/semana); Frequentemente (1/dia); Continuamente (>2/dia)".</i>

Parâmetro Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controle

Relativamente aos Parâmetros de Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controle, 95 % consideraram adequadas as descrições dos diferentes níveis eram adequadas (Figura 33) e 92% dos especialistas aponta que não existe a necessidade de definir uma situação intermédia entre os níveis existentes para o parâmetro (Figura 34); 8% do painel sugeriu, no entanto, efetuar um conjunto de alterações, apresentadas na Tabela 49.

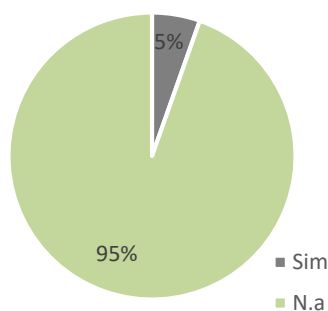


Figura 33: Percentagem de resposta 2ª perguntas, 1ª ronda, Desempenho dos Sistemas de Prevenção e controlo

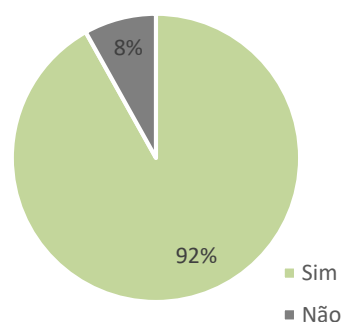


Figura 34: Percentagem de resposta à 1ª pergunta, DP

Tabela 49: Sugestões de alteração e/ou melhoria

Sugestões de alteração dos níveis de gravidade ou do parâmetro

“Na última posição de “Menos Grave” colocar a situação de “Existe um sistema implementado de Melhoria Contínua, interligado ao sistema de gestão de segurança””.

Quando questionados sobre se eliminariam ou substituiriam algum dos níveis do parâmetro, 92% do painel respondeu que não (Figura 34). No entanto, ainda foram apresentadas algumas sugestões por 8% dos elementos do painel, as quais são descritas na Tabela 50.

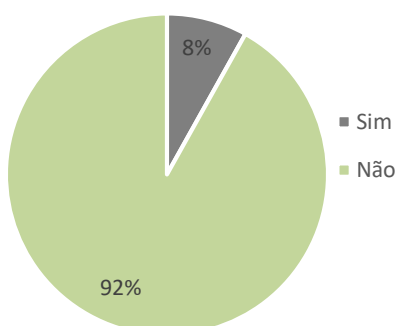


Figura 35: Percentagem de resposta, 4ª pergunta, 1ª ronda, Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controle

Tabela 50: Sugestões de alteração, Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo

Sugestões de alteração dos níveis de gravidade ou do parâmetro
Trocar a ordem de gravidade do 2.º com o 3.º nível.
2º Mais grave - " <i>Não existe sistema de prevenção implementado e as práticas de segurança nem sempre são suficientes</i> "
Adequar a medida ao risco analisado. O sistema pode ter meios de prevenção e controlo, mas não serem adequados. Uniformizar o texto dos vários parâmetros.

Parâmetro Critérios de Priorização da Intervenção

Relativamente aos Critérios de Priorização da Intervenção, 81% do painel de especialistas considerou-os como adequados (Figura 36). No entanto, no seguimento da mesma questão, 19% dos especialistas sugeriu efetuar as propostas de alteração presentes na Tabela 51.

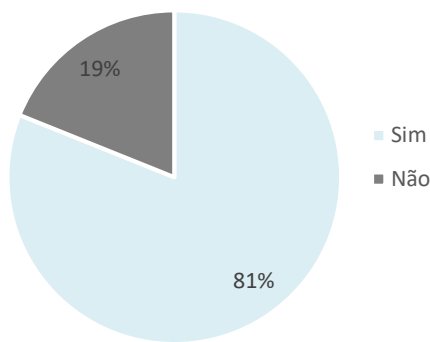


Figura 36: Adequabilidade dos Critérios de Priorização da Intervenção, 1ª ronda, 1ª pergunta

Tabela 51: Sugestões de melhoria

Sugestões de alteração dos níveis de gravidade ou do parâmetro
Incluir intervalos de custo das medidas
Alteraria a posição do mais grave (investimento elevado) com o menos grave (investimento reduzido); e substituiria a sigla TSSHT por TSST.
Não utilizaria os termos mais grave e menos grave nestes critérios, já que o português nos conduz para outro raciocínio de interpretação, como sendo mais prioritário por controlar um risco mais grave. Que acredito não ser o propósito.
Reduzir os níveis e dividir por tipo de medidas:
- Trabalhadores
- Processo / Máquinas / Equipamentos
- Cultura de Segurança

Quando questionados sobre se eliminariam ou substituiriam algum dos níveis do parâmetro *Critérios de Priorização*, 81% dos especialistas responderam negativamente (Figura 37). No entanto, 19% do painel sugeriu efetuar as alterações que constam na Tabela 52.

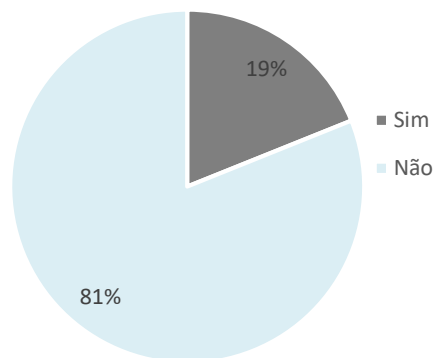


Figura 37: Critérios de priorização, resposta à 4ª pergunta, 1ª ronda

Tabela 52: Sugestões de alteração

Sugestões de alteração dos níveis de gravidade ou do parâmetro
Trocar a ordem de gravidade do 2.º com o 3.º nível.
2º Mais grave - "Não existe sistema de prevenção implementado e as práticas de segurança nem sempre são suficientes"
Adequar a medida ao risco analisado. O sistema pode ter meios de prevenção e controlo, mas não serem adequados. Uniformizar o texto dos vários parâmetros.

As sugestões de melhoria propostas por 19% dos especialistas, definidas na tabela 52, não foram consideradas para avaliação em 2ª ronda dado que o objetivo não era o de avaliar o custo específico das medidas, mas sim a priorização das mesmas face ao desempenho das medidas de prevenção e controlo existentes.

5.1.2 Segunda Ronda

Parâmetro Gravidade

Com as sugestões de melhoria e/ou alteração propostas pelo painel de especialistas na 1ª ronda, nesta 2ª ronda apresentaram-se 3 tabelas para o parâmetro “Gravidade”: a tabela inicial, outra com a 1ª proposta de alteração e uma última com uma 2ª proposta de alteração (ver apêndice 4).

Solicitou-se, então, ao painel a escolha de uma das tabelas apresentadas para o parâmetro

Para a “Gravidade”, 59% dos especialistas escolheu a 2ª proposta de alteração, seguida da tabela inicial e por último a 1ª proposta de alteração (Figura 38).

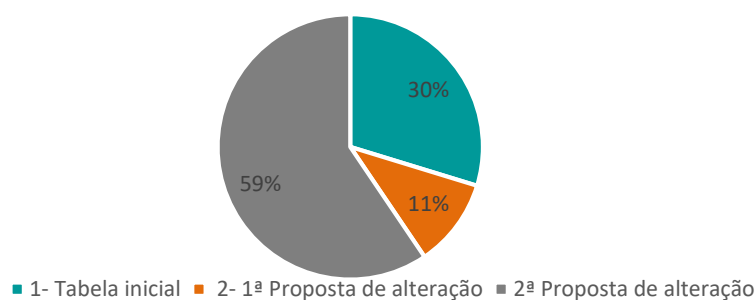


Figura 38: Parâmetro Gravidade, 2ª ronda

Parâmetro Extensão do Impate

Para o parâmetro “Extensão do Impate”, 73% do painel escolheu a 1ª proposta de alteração (Figura 39).

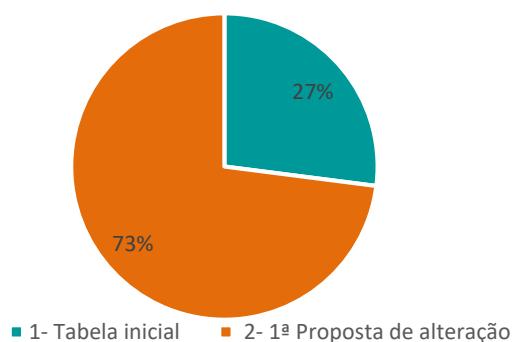


Figura 39: Extensão do Impacte, 2ª ronda

Parâmetros Frequência e, Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo

No que respeita aos parâmetros “Frequência” e “Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo”, o painel considerou mais adequada a 1ª proposta de alteração, com, respetivamente, 68% e 70% de escolhas por parte do painel (Figura 40, Figura 41).

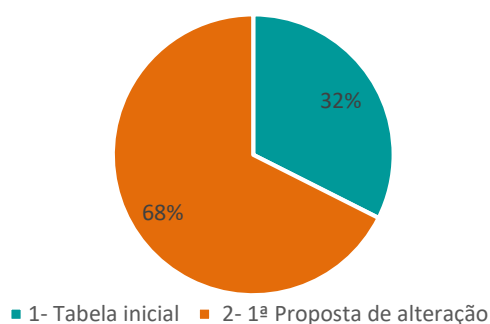


Figura 40: Frequência, 2ª ronda

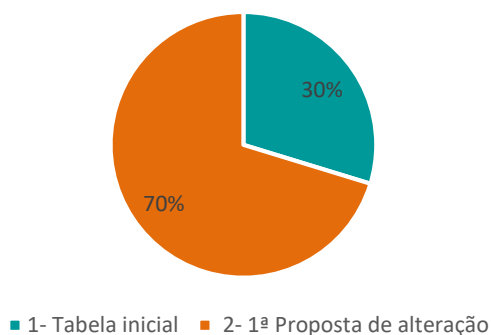


Figura 41: Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo

5.1.3 Terceira Ronda

Após a aplicação da 2ª ronda, efetuou-se à análise dos resultados e das sugestões de melhoria e/ou alteração proposta pelo painel de especialistas.

Parâmetro Gravidade

Houve necessidade de efetuar a 3ª ronda, onde se apresentaram mais uma vez as tabelas da 2ª ronda e se solicitou que face à percentagem de respostas obtidas, o especialista reavaliasse a sua resposta optando pelo seguinte:

- Manter a sua resposta inicial.
- Escolher uma das propostas de alteração (ver apêndice 5).

- Relativamente ao parâmetro Gravidade, 81% do painel escolheu a 2ª proposta de alteração, 14% a tabela inicial e 5 % a 1ª proposta de alteração (Figura 42).

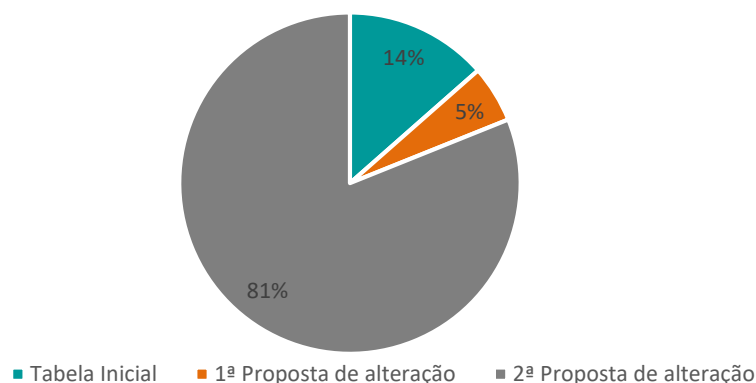


Figura 42: Resposta do painel ao parâmetro Gravidade, 3ª ronda

Parâmetros Extensão do Impacte e, Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo

No Parâmetro Extensão do Impacte, 89% do painel escolheu a 1ª proposta de alteração. O mesmo se verificou para o parâmetro Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo (Figura 43).

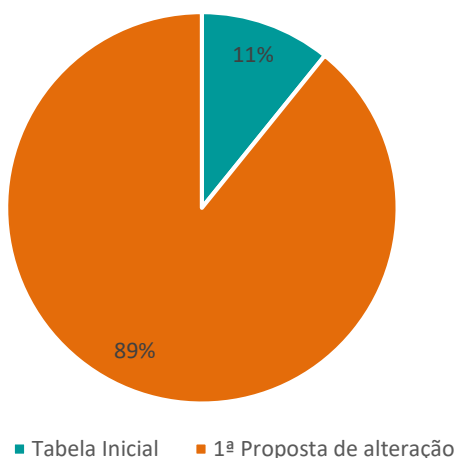


Figura 43: Extensão do Impacte e Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo, 3ª ronda

As tabelas foram alteradas de acordo com os resultados obtidos e as sugestões dadas pelo painel (Tabela 53, Tabela 54, Tabela 55, Tabela 56, Tabela 57):

Tabela 53: Parâmetro Gravidade após Delphi

Parâmetros de Avaliação	Descrição
Gravidade	Aspetos que podem causar a morte.
	Aspetos que podem causar lesões graves, com incapacidade permanente absoluta (IPA) para todo e qualquer trabalho
	Aspetos que podem causar lesões graves, com incapacidade temporária absoluta (ITA) > 30 dias ou incapacidade permanente absoluta (IPA) não incluída no item anterior.
	Aspetos que podem causar lesões menores com incapacidade temporária parcial (ITP) ou incapacidade temporária absoluta (ITA) < 30 dias.
	Aspetos que não apresentem perigosidade, unicamente podem causar lesões menores sem qualquer tipo de incapacidade associada.
	Aspetos que podem causar um incidente mas sem qualquer tipo de lesão.

Tabela 54: Parâmetro Extensão do Impacte após Delphi

Parâmetros de Avaliação	Descrição
Extensão do impacte	Aspeto cuja extensão pode atingir 5 ou mais trabalhadores
	Aspeto cuja extensão pode atingir 4 trabalhadores
	Aspeto cuja extensão pode atingir 3 trabalhadores
	Aspeto cuja extensão pode atingir 2 trabalhadores
	Aspeto cuja extensão pode atingir 1 trabalhador

Tabela 55: Parâmetro Frequência do aspeto após Delphi

Parâmetros de Avaliação	Descrição
Frequência com que ocorre o aspeto	Periodicidade diária: correspondente a aspetos que ocorrem de forma contínua e diariamente
	Aspetos que ocorrem ao longo do dia de forma não contínua, 3 ou mais dias por semana
	Aspetos que ocorrem uma a duas vezes por semana
	Aspetos que ocorre de forma pontual até 3 vezes por mês
	Aspetos que corresponde a trabalhos de manutenção, a situações de emergência, acidentais ou pontuais

Tabela 56: Parâmetro Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo após Delphi

Parâmetros de Avaliação	Descrição
Desempenho dos sistemas de prevenção e controlo	Não existe sistema de prevenção nem de controlo implementado
	Não existe sistema de gestão da prevenção implementado e as práticas de segurança resumem-se à utilização pontual de EPI
	Não existe sistema de gestão da prevenção implementado mas existem práticas de segurança funcionais
	Existe um sistema de gestão da prevenção implementado mas sem evidências da sua adequada funcionalidade
	Existe um sistema implementado de melhoria continua interligado ao sistema de gestão de segurança

Tabela 57: Parâmetro Critérios de Priorização da Intervenção após Delphi

Parâmetros de Avaliação	Descrição
Critérios de priorização da intervenção	Medidas de prevenção de baixo investimento e complexidade técnica básica (resolvem-se com procedimentos e instruções de trabalho)
	Medidas de prevenção/correção com baixo investimento e complexidade técnica reduzidas (intervenção simples, pequenas alterações em equipamentos, EPI, formação,...)
	Medidas de prevenção/correção de investimento médio e complexidade técnica média (Contratação de TSSHT, alterações pontuais em equipamentos ou nos processos...)
	Metodologia de prevenção/correção com investimento e complexidade técnica alta (Proteções coletivas, pequenas alterações de processos,...)
	Metodologia de prevenção/correção com investimento e complexidade técnica elevadas (Novas tecnologias, novos processos, alterações de Layout, Contratação de especialistas externos)

5.2 Gestão do Risco- 4 Níveis

5.2.1 Cálculo do Nível de Risco

Em resposta à solicitação de colaboração, obtiveram-se 50 avaliações de risco efetuadas por 50 Técnicos superiores em Higiene e Segurança (Nível VII), recorrendo à matriz que consta no apêndice 2.

Foram retirados 5 resultados por não estarem preenchidos na totalidade, resultando 45 avaliações de risco a todos os riscos apresentados.

Foi determinado o Nível de Risco, o Nível de Risco Ponderado, após a aplicação do parâmetro Desempenho dos sistemas de Prevenção e Controlo e a Priorização da intervenção.

A análise dos resultados foi efetuada a dois níveis: Determinação do Coeficiente de Variação, e a determinação da Percentagem de Consenso nas avaliações. As duas análises foram efetuadas a partir dos dados “brutos” decorrentes da aplicação do método, ou seja, sem considerar a divisão dos resultados pelas diferentes bandas de risco. A Percentagem de Consenso foi estabelecida após a divisão dos resultados da aplicação do método pelas diferentes bandas.

Nas Tabela 58 e Tabela 59, são apresentados os resultados da aplicação da metodologia pelos 45 especialistas onde foi determinado, respetivamente, o Nível de Risco, o Nível de Risco Ponderado e o Nível de Priorização (ver ponto 4.5.3).

Na primeira linha estão indicados os riscos identificados de 1 a 50. A respetiva designação pode ser encontrada nas Tabela 13, Tabela 14, Tabela 15, Tabela 16 e Tabela 17. Na primeira coluna, encontram-se numerados de 1 a 45 os especialistas.

Em síntese, nas linhas podem ser lidas as respostas dos especialistas a cada um dos riscos. Nas colunas podem ser analisadas as respostas a cada risco por cada um dos especialistas. Os riscos encontram-se classificados em quatro bandas de controlo, entre Risco Baixo (verde) e Risco Muito Elevado (vermelho) para o Nível de risco e para o Nível de Risco Ponderado. Para o Nível de Priorização a classificação varia entre Prioridade Baixa (verde) e Prioridade Muito Elevada (vermelho). Verificam-se alterações na classificação de alguns dos riscos pelas diferentes bandas após a aplicação do fator de ponderação “Prevenção e Controlo”.

Na Tabela 75, Tabela 76 e na Tabela 77 é apresentado o Desvio Padrão, a Média, a Variância e o Coeficiente de Variação para cada Risco, respetivamente para o Nível de Risco, Nível de Risco Ponderado e, Nível de Priorização. Apesar da existência de alterações nos valores do Desvio Padrão, da Média, e da Variância, o valor do Coeficiente de Variação mantém-se inalterado. No Caso do Nível de Priorização não se observa uma tendência definida, nem quanto à subida nem à descida dos parâmetros dos diferentes Riscos. O que se observa é um aumento da dispersão dos resultados.

Na Figura 44, Figura 45, Figura 46, Figura 47, Figura 48, Figura 49 são apresentados os Níveis de Consenso, respetivamente, para o Nível de Risco, Nível de Risco Ponderado e Nível de Priorização, na avaliação de cada um dos riscos pelo painel de especialistas, considerando quatro bandas de risco. No eixo dos XX são apresentados os riscos, ordenados de acordo com a avaliação efetuada, da mais baixa para a mais alta. No eixo dos YY pode ser encontrado o nível de consenso obtido. Os consensos obtidos por 70% ou mais dos especialistas encontram-se assinalados por elipsóides.

Tabela 58: Determinação do Nível de Risco (para 4 níveis de risco)

Risco Especialista	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	16	16	8	16	64	16	8	64	64	256	64	256	12	24	48	24	12	12	10	16	16	16	64	64	16	32	8	32	24	64	20	20	48	80	32	64	32	80	24	10	64	8	24	12	24	48	32	32	16	40
4	16	16	8	32	64	32	8	64	32	256	64	256	24	48	48	48	27	27	10	8	16	64	64	64	64	64	8	32	24	32	40	20	48	80	64	64	32	80	48	5	64	8	24	12	48	48	32	32	80	
5	8	16	16	32	64	32	8	64	64	256	64	256	24	48	48	24	12	12	10	16	16	64	64	64	64	8	64	24	64	40	20	48	80	64	32	32	40	48	5	64	8	24	12	48	48	32	32	40		
6	16	16	16	16	64	32	8	64	64	256	64	256	24	48	48	48	27	27	20	8	16	64	64	64	32	64	16	64	48	64	40	20	48	80	64	64	32	80	48	5	64	8	12	12	24	48	32	32	80	
8	16	16	16	16	32	16	4	64	64	256	32	256	24	48	24	48	12	12	10	8	16	16	128	128	32	64	8	64	48	32	20	20	48	80	64	64	64	80	48	5	64	8	12	12	48	48	32	16	40	
9	16	16	16	32	64	16	8	64	64	256	64	256	24	48	48	48	12	12	10	16	8	32	64	64	64	64	8	32	24	32	20	20	48	80	64	32	32	80	24	5	64	8	12	24	24	48	16	32	16	40
10	16	16	8	16	64	16	8	64	64	256	32	256	24	48	48	48	12	12	10	16	8	64	64	64	64	32	8	32	48	32	20	20	48	80	64	32	64	40	48	5	64	8	24	24	24	16	16	80		
11	16	16	16	32	64	32	8	64	64	256	64	256	24	48	48	48	12	12	20	16	16	64	64	64	64	64	8	64	24	64	20	20	48	80	64	64	32	80	48	5	64	8	24	12	48	48	32	16	40	
12	16	16	16	32	64	32	8	64	64	256	64	256	24	48	48	48	12	12	10	16	16	64	64	64	64	64	8	32	24	64	40	20	48	80	64	64	32	80	48	5	64	8	24	12	48	48	32	32	80	
13	16	16	16	16	64	16	16	64	64	256	64	256	24	48	48	48	12	12	10	16	8	16	64	32	64	32	8	64	48	32	20	20	24	80	64	64	64	40	48	5	64	16	24	24	24	48	16	32	16	40
14	16	16	16	32	64	16	16	64	64	256	64	256	24	48	48	48	12	12	20	8	16	64	64	64	64	64	8	32	24	64	20	20	48	80	32	64	32	80	48	5	64	8	24	12	48	48	32	32	80	
15	8	16	16	32	64	16	8	64	64	256	32	256	24	48	48	48	12	12	10	16	16	64	64	32	32	64	16	64	24	32	20	20	48	80	32	32	32	80	24	5	32	16	12	12	48	24	32	16	32	40
16	8	16	16	16	64	16	8	64	64	256	64	256	15	48	48	48	12	12	10	16	16	64	64	32	32	64	8	32	24	64	20	20	48	80	32	32	64	80	48	5	64	8	12	12	48	32	32	16	40	
17	16	16	16	16	64	16	8	64	32	256	64	256	24	48	48	24	12	12	10	8	16	64	64	64	64	16	32	24	64	20	20	48	80	32	64	32	80	48	5	64	16	24	24	48	48	32	32	16	40	
18	16	16	8	32	64	32	8	64	64	256	32	256	24	48	48	48	24	24	10	16	16	64	64	64	32	64	8	32	24	32	40	20	48	80	32	32	32	40	48	5	64	8	12	12	24	48	16	32	16	40
20	16	16	16	32	64	32	8	64	64	256	64	256	24	24	48	48	12	12	10	16	16	64	64	128	64	64	8	32	24	64	40	20	48	80	32	64	64	80	48	5	64	16	24	24	48	48	32	32	16	80
21	16	16	16	32	64	16	8	64	64	256	64	256	24	48	48	24	12	12	10	16	16	64	64	128	64	64	16	64	24	64	20	20	48	80	32	32	64	80	48	5	32	16	12	12	48	24	32	32	80	
22	16	16	16	32	32	16	8	64	32	256	32	256	24	48	48	48	12	12	10	16	8	64	128	64	64	32	16	32	24	32	40	20	48	80	32	32	32	40	48	5	32	16	12	24	24	16	16	16	40	
23	8	16	4	32	32	16	8	64	12	256	32	256	24	48	48	48	12	12	10	8	8	64	64	32	64	32	8	32	24	32	20	20	48	80	32	32	64	80	24	5	32	8	12	24	24	16	16	16	40	
24	16	16	8	16	64	16	8	64	64	256	32	256	24	48	48	24	12	12	10	16	8	64	128	64	64	16	32	24	32	20	20	48	80	32	64	64	80	48	5	64	8	12	24	24	48	16	32	16	40	
25	16	16	16	32	64	16	8	64	64	256	64	256	24	48	48	48	12	12	10	16	16	64	64	32	64	32	8	32	48	64	20	20	48	80	32	32	64	80	24	5	32	16	12	24	24	16	32	16	80	
26	8	16	8	16	64	16	8	64	64	256	32	256	24	48	48	24	12	12	5	16	16	16	64	128	64	32	8	64	24	64	20	20	48	80	32	32	64	80	48	5	16	8	12	12	48	24	32	32	40	
27	16	16	8	16	64	16	4	64	64	256	32	256	24	48	48	48	12	12	10	8	16	64	64	128	32	64	8	32	48	64	40	20	48	80	32	32	64	80	48	5	32	8	24	12	24	24	16	16	40	
28	8	16	8	16	64	16	8	64	32	256	32	256	12	24	48	48	12	12	20	16	8	16	64	64	32	32	8	32	24	32	20	20	24	80	32	64	32	40	24	5	64	8	24	12	24	48	16	32	16	40
29	8	16	16	32	64	16	8	64	64	256	32	256	24	48	48	48	24	24	10	16	8	64	64	64	64	16	32	24	64	20	20	48	80	64	64	32	80	48	5	64	8	12	12	48	48	32	32	16	40	
30	16	16	8	16	64	16	8	64	64	256	32	256	24	48	48	24	12	12	20	16	8	32	64	64	64	32	8	32	48	32	20	20	48	80	32	32	32	40	24	5	32	16	12	24	24	16	16	16	80	
31	8	16	8	32	64	16	8	64	64	256	64	256	24	48	48	48	24	24	10	16	16	16	64	64	32	64	8	32	24	64	20	20	48	80	64	64	64	80	48	10	64	8	12	12	48	48	32	32	40	
32	16	16	8	32	64	32	8	64	32	256	64	256	24	48	24	24	12	12	10	8	8	64	64	32	64	16	32	24	64	20	20	48	80	32	32	64	80	48	5	64	8	24	24	24	48	32	16	16	40	
34	16	16	4	16	16	16	8	32	64	128	64	256	24	48	24	24	12	12	10	16	8	16	128	64	64	64	8	32	48	64	40	20	48	80	32	32	32	80	48	5	32	16	12	24	24	16	32	16	80	
35	8	16	4	32	64	16	8	64	64	256	32	64	24	48	24	24	12	12	10	16	8	64	64	32	64	64	8	32	48	64	20	20	48	80	64	32	32	40	48	5	32	8	12	12	48	24	32	16	16	40
36	16	16	4	4	64	16	8	64	64	256	32	256	24	48	48	24	12	12	20	16	8	64	64	64	64	64	8	32	24	32	40	20	48	80	32	32	32	80	24	5	64	8	24	24	48	24	16	32	16	40
37	16	16	4	32	64	16	8	64	32	256	64	256	18	48	48	24	12	12	10	16	8	64	64	64	32	32	16	32	24	64	20	20	24	80	32	64	64	80	48	5	32	8	12	12	48	24	32	32	16	40
38	8	16	16	16	64	16	8	64	64	256	64	256	3	48	48	48	24	24	10	16	16	16	64	128	64	64	16	32	48	64	20	10	48	80	32	32	32	40	48	5	32	16	12	12	24	24	16	16	40	
39	8	16	16	16	32	16	8	64	12	256	64	256	24	48	48	48	24	24	10	16	8	16	64	64	64	16	32	24	64	20	2																			

Tabela 59: Determinação do Nível de Risco Ponderado (para 4 níveis de risco)

Risco Especialista	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	21	21	6	16	64	15	16	128	64	233	51	205	24	19	38	24	16	13	13	13	16	16	128	64	13	64	16	32	48	128	20	40	96	160	26	85	26	160	24	20	64	16	48	10	48	96	43	64	13	36
4	21	21	6	32	64	29	16	128	32	233	51	205	48	38	38	48	36	13	13	6	64	64	128	64	51	128	16	32	48	64	40	40	96	160	51	85	26	160	48	10	64	16	48	10	96	96	43	64	26	73
5	11	21	13	32	64	29	16	128	64	233	51	205	48	38	38	24	16	13	13	13	64	64	128	64	51	128	16	64	48	128	40	40	96	160	51	43	26	80	48	10	64	16	48	10	96	96	43	64	26	36
6	21	21	13	16	64	29	16	128	64	233	51	205	48	38	38	48	36	27	27	6	64	64	128	64	26	128	32	64	96	128	40	40	96	160	51	85	26	160	48	10	64	16	24	10	48	96	43	64	26	73
8	21	21	13	16	32	15	8	128	64	233	26	205	48	38	19	48	16	13	13	6	16	16	256	128	26	128	16	64	96	64	20	40	96	160	51	85	51	160	48	10	64	16	24	10	96	96	43	64	13	36
9	21	21	13	32	64	15	16	128	64	233	51	205	48	38	38	48	16	13	13	13	32	32	128	64	51	128	16	32	48	64	20	40	96	160	51	43	26	160	24	10	64	16	24	19	48	96	21	64	13	36
10	21	21	6	16	64	15	16	128	64	233	26	205	48	38	38	48	16	13	13	13	64	64	128	64	51	64	16	32	96	64	20	40	96	160	51	43	51	80	48	10	64	16	48	19	48	48	21	32	13	73
11	21	21	13	32	64	29	16	128	64	233	51	205	48	38	38	48	16	27	27	13	64	64	128	64	51	128	16	64	48	128	20	40	96	160	51	85	26	160	48	10	64	16	48	10	96	96	43	64	13	36
12	21	21	13	32	64	29	16	128	64	233	51	205	48	38	38	48	16	13	13	13	64	64	128	64	51	128	16	32	48	128	40	40	96	160	51	85	26	160	48	10	64	16	48	10	96	96	43	64	26	73
13	21	21	13	16	64	15	32	128	64	233	51	205	48	38	38	48	16	13	13	13	16	16	128	32	51	64	16	64	96	64	20	40	48	160	51	85	51	80	48	10	64	32	48	19	48	96	21	64	13	36
14	21	21	13	32	64	15	32	128	64	233	51	205	48	38	38	48	16	27	27	6	64	64	128	64	51	128	16	32	48	128	20	40	96	160	26	85	26	160	48	10	64	16	48	10	96	96	43	64	26	73
15	11	21	13	32	64	15	16	128	64	233	26	205	48	38	38	48	16	13	13	13	64	64	128	32	26	128	32	64	48	64	20	40	96	160	26	43	26	160	24	10	32	32	24	10	96	48	43	32	26	36
16	11	21	13	16	64	15	16	128	64	233	51	205	30	38	38	48	16	13	13	13	64	64	128	32	26	128	16	32	48	128	20	40	96	160	26	43	51	160	48	10	64	16	24	10	24	96	43	64	13	36
17	21	21	13	16	64	15	16	128	32	233	51	205	48	38	38	24	16	13	13	6	64	64	128	64	51	128	32	32	48	128	20	40	96	160	26	85	26	160	48	10	64	32	48	19	96	96	43	64	13	36
18	21	21	6	32	64	29	16	128	64	233	26	205	48	38	38	48	32	13	13	13	64	64	128	64	26	128	16	32	48	64	40	40	96	160	26	43	26	80	48	10	64	16	24	10	48	96	21	64	13	36
20	21	21	13	32	64	29	16	128	64	233	51	205	48	19	38	48	16	13	13	13	64	64	128	128	51	128	16	32	48	128	40	40	96	160	26	85	51	160	48	10	64	32	48	19	96	96	43	64	13	73
21	21	21	13	32	64	15	16	128	64	233	51	205	48	38	38	24	16	13	13	13	64	64	128	128	51	128	32	64	48	128	20	40	96	160	26	43	51	160	48	10	32	32	24	10	96	48	43	64	26	73
22	21	21	13	32	32	15	16	128	32	233	26	205	48	38	38	48	16	13	13	13	64	64	256	64	51	64	32	32	48	64	40	40	96	160	26	43	26	80	48	10	32	32	24	19	48	48	21	32	13	36
23	11	21	3	32	32	15	16	128	12	233	26	205	48	38	38	48	16	13	13	6	64	64	256	32	51	64	16	32	48	64	20	40	96	160	26	43	51	160	24	10	32	16	24	19	48	48	21	32	13	36
24	21	21	6	16	64	15	16	128	64	233	26	205	48	38	38	24	16	13	13	13	64	64	256	64	51	128	32	32	48	64	20	40	96	160	26	85	51	160	48	10	64	16	24	19	48	96	21	64	13	36
25	21	21	13	32	64	15	16	128	64	233	51	205	48	38	38	48	16	13	13	13	64	64	128	32	51	64	16	32	96	128	20	40	96	160	26	43	51	160	24	10	32	32	24	19	48	48	21	64	13	73
26	11	21	6	16	64	15	16	128	64	233	26	205	48	38	38	24	16	7	7	13	16	16	128	128	51	64	16	64	48	128	20	40	96	160	26	43	51	160	48	10	16	16	24	10	96	48	43	64	26	36
27	21	21	6	16	64	15	8	128	64	233	26	205	48	38	38	48	16	13	13	6	64	64	128	128	26	128	16	32	96	128	40	40	96	160	26	43	51	160	48	10	32	16	48	10	48	48	21	32	13	36
28	11	21	6	16	64	15	16	128	32	233	26	205	24	19	38	48	16	27	27	13	16	16	128	64	26	64	16	32	48	64	20	40	48	160	26	85	26	80	24	10	64	16	48	10	48	96	21	64	13	36
29	11	21	13	32	64	15	16	128	64	233	26	205	48	38	38	48	32	13	13	13	64	64	128	64	51	128	32	32	48	128	20	40	96	160	51	85	26	160	48	10	64	16	24	10	96	96	43	64	13	36
30	21	21	6	16	64	15	16	128	64	233	26	205	48	38	38	24	16	27	27	13	32	32	128	64	51	64	16	32	96	64	20	40	96	160	26	43	26	80	24	10	32	32	24	19	48	48	21	32	13	73
31	11	21	6	32	64	15	16	128	64	233	51	205	48	38	38	48	32	13	13	13	16	16	128	64	26	128	16	32	48	128	20	40	96	160	51	85	51	160	48	20	64	16	24	10	96	96	43	64	26	36
32	21	21	6	32	64	29	16	128	32	233	51	205	48	38	19	24	16	13	13	6	64	64	128	32	51	128	32	32	48	128	20	40	96	160	26	43	51	160	48	10	64	16	48	19	48	96	43	32	13	36
34	21	21	3	16	16	15	16	64	64	116	51	205	48	38	19	24	16	13	13	13	16	16	256	64	51	128	16	32	96	128	40	40	96	160	26	43	26	160	48	10	32	32	24	19	48	48	21	64	13	73
35	11	21	3	32	64	15	16	128	64	233	26	51	48	38	19	24	16	13	13	13	64	64	128	32	51	128	16	32	96	128	20	40	96	160	51	43	26	80	48	10	32	16	24	10	96	48	43	32	13	36
36	21	21	3	4	64	15	16	128	64	233	26	205	48	38	38	24	16	27	27	13	64	64	128	64	51	128	16	32	48	64	40	40	96	160	26	43	26	160	24	10	64	16	48	19	96	48	21	64	13	36
37	21	21	3	32	64	15	16	128	32	233	51	205	36	38	38	24	16	13	13	13	64	64	128	64	26	64	32	32	48	128	20	40	48	160	26	85	51	160	48	10	32	16	24	10	96	48	43	64	13	36
38	11	21	13	16	64	15	16	128	64	233	51	205	6	38	38	48																																		

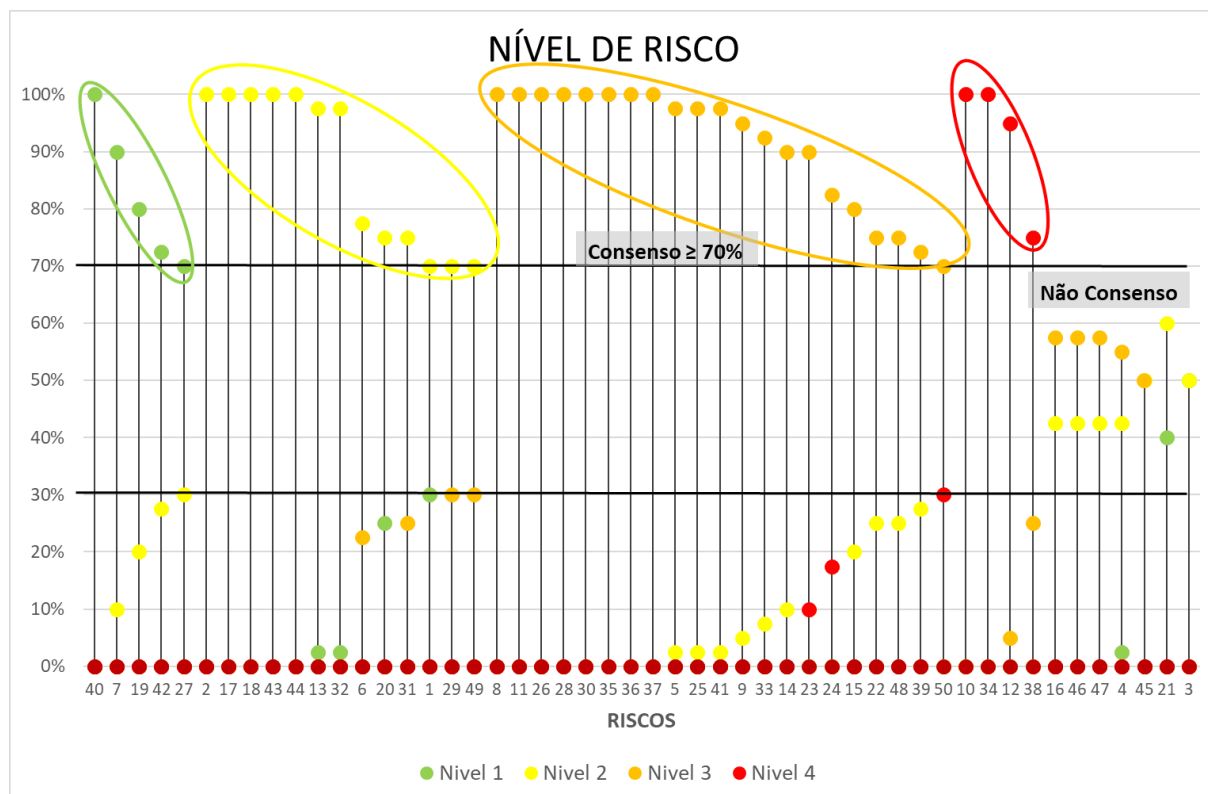


Figura 44: Riscos ordenados por Nível de Risco. 4 Níveis

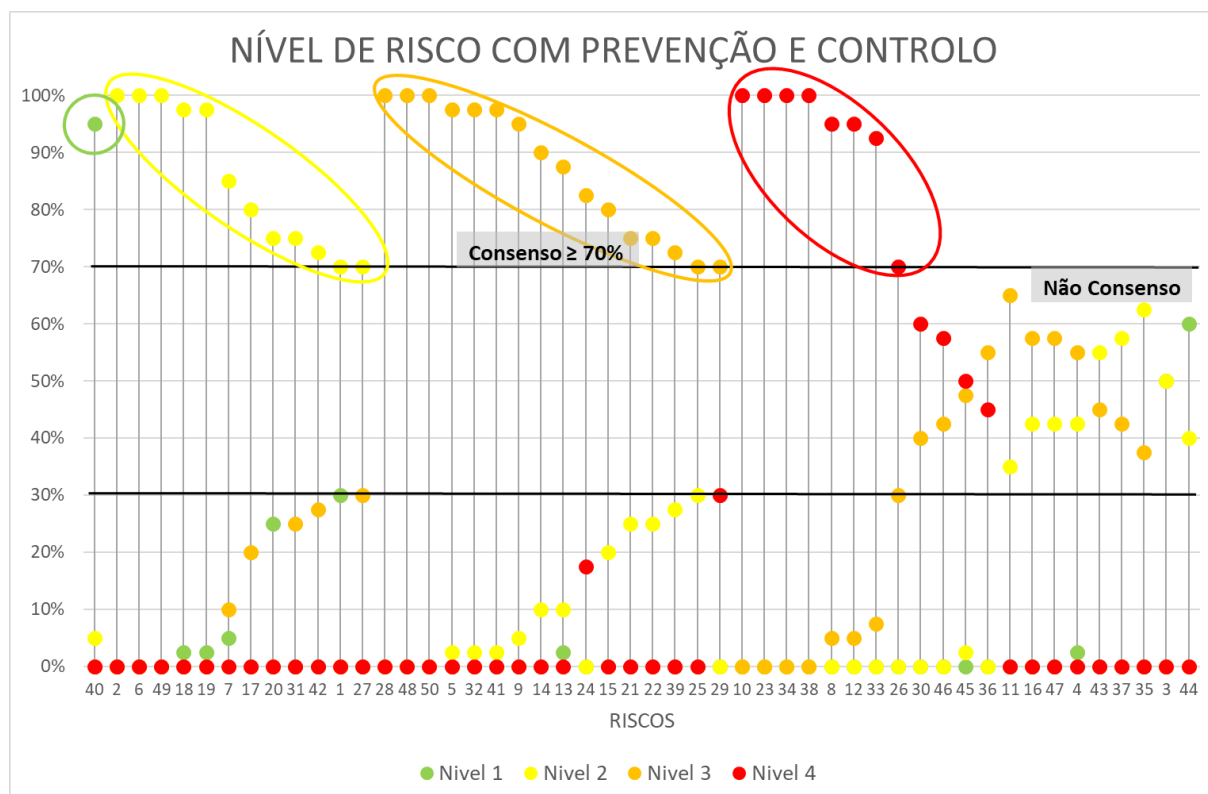


Figura 45: Riscos ordenados por Nível de Risco Ponderado. – 4 Níveis

Na aplicação dos critérios de PC (da Tabela 60 à Tabela 72) foi possível constatar que alguns dos riscos mudam de banda de controlo. A generalidade dessas mudanças dá-se para uma banda de risco imediatamente superior. Este facto acontece, uma vez que a maioria das situações sobre as quais foi pedida opinião aos especialistas decorriam em situações em que as medidas de Prevenção e Controlo eram deficientes ou inexistentes. Este efeito vai de encontro ao pretendido, no sentido de aumentar o nível de atenção para situações de risco em que os sistemas de PC não existem ou não são operacionais.

As tabelas (da Tabela 60 à Tabela 72) estão organizadas por Nível de Risco / Nível de Risco Ponderado e por processo. O nível de risco está assinalado pela respetiva cor na primeira linha da tabela. Esse nível corresponde a todos os riscos incluídos na respetiva tabela.

Quando um risco se encontra assinalado a uma determinada cor na primeira coluna do Nível de Risco, isso significa que esse risco altera a classificação, após a ponderação, para o nível correspondente à cor indicada.

Quando um risco se encontra assinalado a uma determinada cor na primeira coluna do Nível de Risco Ponderado, isso significa que esse risco alterou de classificação, após a ponderação, sendo proveniente do nível correspondente à cor indicada.

De assinalar que os riscos P35, P36, P37, P43 e P44, que possuíam consenso quanto ao Nível de Risco, perderam a situação de consenso com a aplicação dos critérios de PC. Trata-se de Riscos com classificações numa situação de fronteira, mas em que a aplicação dos critérios de PC teve, aparentemente, um efeito confundidor. As razões destes resultados serão analisadas no sentido de esclarecer as razões pelas quais ocorreram.

Quanto ao processo em que o nível de consenso mais baixou após a aplicação dos critérios de prevenção e controlo foi o de *Transformação*. Após a aplicação deste critério, o número de riscos cuja avaliação não foi consensual passou de três no *Nível de Risco* (P45, P46 e P47) para sete após o cálculo do *Nível de Risco Ponderado* (P35, P35, P37, P43, P44, P45, P46 e P47).

Tabela 60: Riscos classificados como **Baixo** (4 Bandas - processo de Desmonte)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4		#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	
P07	Pavimento/Plataforma de trabalho	Queda ao mesmo nível	90%	10%	0%	0%									
P19	Vias de circulação	Queda ao mesmo nível	80%	20%	0%	0%									
P27	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Queda ao mesmo nível	70%	30%	0%	0%									

Após a ponderação do NR pelos critérios de PC:
-Os riscos P07, P19 e P27 passam de consenso no nível *Baixo* para consenso no nível *Médio*.

Tabela 61: Riscos classificados como **Baixo** (processo de Transformação)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4		#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	
P40	Tapetes transportadores	Queda de Material	100%	0%	0%	0%		P40	Tapetes transportadores	Queda de Material	95%	5%	0%	0%	
P42	Plataforma de apoio	Queda ao mesmo nível	72,5%	27,5%	0%	0%									

Após a ponderação do NR pelos critérios de PC:
-O risco P42 passa de consenso no nível *Baixo* para consenso no nível *Médio*.

Tabela 62: Riscos classificados como *Médio* (processo de Desmonte)

Nível de Risco							Nível de Risco Ponderado						
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4
P01	Carro de perfuração	Projeção de partículas	30%	70,0%	0%	0%	P01	Carro de perfuração	Projeção de partículas	30%	70%	0%	0%
P02	Lagoa	Queda na lagoa	0%	100%	0%	0%	P02	Lagoa	Queda na lagoa	0%	100%	0%	0%
P06	Hastes	Abrasão	0%	77,5%	22,5%	0%	P06	Hastes	Abrasão	0%	100%	0%	0%
P13	Explosivos, Detonadores, Acessórios de Fogo	Queda de Material	2,5%	97,5%	0%	0%	P07	Pavimento Plataforma trabalho	Queda ao mesmo nível	5%	85%	10%	0%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O Risco P13 passa de consenso no nível <i>Médio</i> para consenso no nível Elevado. -O risco P07 passa de consenso no nível <i>Baixo</i> para consenso no nível <i>Médio</i> .													

Tabela 63: Riscos classificados como *Médio* (processo de Carga e Transporte)

Nível de Risco							Nível de Risco Ponderado						
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4
P17	Lagoa	Afogamento	0%	100%	0%	0%	P17	Lagoa	Afogamento	0%	80%	20%	0%
P18	Pica Pedra	Projeção de partículas	0%	100%	0%	0%	P18	Pica Pedra	Projeção de partículas	3%	98%	0%	0%
P20	Lagoa	Queda na Lagoa	25%	75%	0%	0%	P19	Vias de circulação	Queda ao mesmo nível	3%	98%	0%	0%
P29	Dumper Camião	Queda em altura	0%	70%	30%	0%	P20	Lagoa	Queda na Lagoa	25%	75%	0%	0%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P29 passa de consenso no nível <i>Médio</i> para consenso no nível Elevado. -Os riscos P19 e P27 passam de consenso no nível de <i>Baixo</i> para consenso no nível <i>Médio</i> .							P27	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Queda ao mesmo nível	0%	70%	30%	0%

Tabela 64: Riscos classificados como *Médio* (processo de Transformação)

Nível de Risco							Nível de Risco Ponderado						
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4
P31	Cabine do operador	Projeção de Material	0%	75,0%	25%	0%	P31	Cabine do operador	Projeção de Material	0%	75%	25%	0%
P32	Material	Queda na tolva	2,5%	97,5%	0%	0%	P42	Plataforma de apoio	Queda ao mesmo nível	0%	73%	28%	0%
P43	Tapetes transportadores	Abrasão	0%	100%	0%	0%	P49	Fragmentadores de eixo vertical/ maxilas	Queda em Altura	0%	100%	0%	0%
P44	Escada de acesso	Queda em Altura	0%	100%	0%	0%	Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P32 passa de consenso no nível de <i>Médio</i> para consenso no nível <i>Elevado</i> . -Os riscos P43 e P44 passam de consenso no nível de <i>Médio</i> para sem consenso. -O risco P42 passa de consenso no nível <i>Baixo</i> para consenso no nível <i>Médio</i> .						
P49	Fragmentadores de eixo vertical/ maxilas	Queda em Altura	0%	70,0%	30%	0%							

Tabela 65: Riscos classificados como *Elevado* (processo de Desmonte)

Nível de Risco							Nível de Risco Ponderado						
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4
P05	Carro de perfuração	Queda de equipamento com operador	0%	2,5%	97,5%	0%	P05	Carro de perfuração	Queda de equipamento com operador	0%	3%	98%	0%
P08	Camião	Explosão	0%	0,0%	100%	0%	P09	Camião	Queda em altura do equipamento com operador	0%	5%	95%	0%
P09	Camião	Queda em altura do equipamento com operador	0%	5,0%	95,0%	0%	P13	Explosivos/ Detonadores/ Acessórios de Fogo	Queda de Material	3%	10%	88%	0%
P11	Explosivos/Detonadores Acessórios de Fogo	Corte	0%	0,0%	100%	0%	P14	Rocha	Projeção de rocha	0%	10%	90%	0%
P14	Rocha	Projeção de rocha	0%	10,0%	90,0%	0%	P15	Explosivo	Projeção de Partículas	0%	20%	80%	0%
P15	Explosivo	Projeção de Partículas	0%	20,0%	80,0%	0%	Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P08 passa de consenso no nível <i>Elevado</i> para consenso no nível <i>Muito Elevado</i> . -O risco P11 passa de consenso no nível <i>Elevado</i> para sem consenso. -O risco P13 passa de consenso no nível <i>Médio</i> para consenso no nível <i>Elevado</i> .						

Tabela 66: Riscos classificados como *Elevado* (processo de Carga e Transporte)

Nível de Risco							Nível de Risco Ponderado						
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4
P22	Giratória	Queda de Material	0%	25%	75,0%	0,0%	P21	Giratória	Queda em altura do equipamento com operador	0%	25%	75%	0%
P23	Dumper/Camião	Capotamento	0%	0,0%	90,0%	10,0%	P22	Giratória	Queda de Material	0%	25%	75%	0%
P24	Dumper/Camião	Atropelamento	0%	0,0%	82,5%	17,5%	P24	Dumper/Camião	Atropelamento	0%	0%	83%	18%
P25	Dumper/Camião	Despiste/Colisão	0%	2,5%	97,5%	0,0%	P25	Dumper/Camião	Despiste/Colisão	0%	30%	70%	0%
P26	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Queda em altura	0%	0,0%	100,0%	0,0%	P28	Vias circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Colisão	0%	0%	100%	0%
P28	Vias de circulação entre local de carga e descarga na tolva	Colisão	0%	0,0%	100,0%	0,0%	P29	Dumper/Camião	Queda em altura	0%	0%	70%	30%
P30	Dumper/Camião	Queda do equipamento com operador	0%	0,0%	100,0%	0,0%	Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -Os riscos P23 e P26 passam de consenso no nível Elevado para consenso no nível de <i>Muito Elevado</i> . -O risco P30 passa de consenso no nível Elevado para sem consenso. -O risco P28 passa de sem consenso para consenso no nível Elevado. -O risco P29 passa de consenso no nível de <i>Médio</i> para consenso no nível <i>Elevado</i> .						

Tabela 67: Riscos classificados como *Elevado* (processo de Transformação)

Nível de Risco							Nível de Risco Ponderado						
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4
P33	Britador de Maxilas	Queda no Britador	0%	7,5%	92,5%	0%	P32	Material	Queda na tolva	0%	3%	98%	0%
P35	Escadas de acesso	Queda em altura	0%	0%	100%	0%	P39	Plataforma de acesso aos tapetes transportadores	Queda em altura	0%	28%	73%	0%
P36	Quadro elétrico/fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	0%	100%	0%	P41	Quadro elétrico/fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	3%	98%	0%
P37	Britador de Maxilas	Projeção de rocha	0%	0%	100%	0%	P48	Quadro de eletricidade, fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	0%	100%	0%
P39	Plataforma de acesso aos tapetes transportadores	Queda em altura	0%	27,5%	72,5%	0%	P50	Pá carregadora Camião	Colisão	0%	0%	100%	0%
P41	Quadro elétrico/fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	2,5%	97,5%	0%	Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P33 passa de consenso no nível <i>Elevado</i> para consenso no nível de <i>Muito Elevado</i> . -Os riscos P35, P36 e P37 passa de consenso no nível <i>Elevado</i> para sem consenso. -O risco P32 passa de consenso no nível de <i>Médio</i> para consenso no nível de <i>Elevado</i> .						
P48	Quadro de eletricidade, fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	25,0%	75,0%	0%							
P50	Pá carregadora/Camião	Colisão	0%	0%	70,0%	30%							

Tabela 68: Riscos classificados como *Muito Elevado* (processo de Desmonte)

Nível de Risco							Nível de Risco Ponderado						
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4
P10	Explosivos / Detonadores Acessórios de Fogo	Explosão	0%	0%	0%	100%	P08	Camião	Explosão	0%	0%	5%	95%
P12	Explosivos / Detonadores Acessórios de Fogo	Explosão	0%	0%	5%	95%	P10	Explosivos / Detonadores Acessórios de Fogo	Explosão	0%	0%	0%	100%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -Os riscos P08, P23 e P26 passam de consenso no nível de <i>Muito Elevado</i> para consenso no nível <i>Elevado</i> .							P12	Explosivos / Detonadores Acessórios de Fogo	Explosão	0%	0%	5%	95%
							P23	Dumper/Camião	Capotamento	0%	0%	0%	100%
							P26	Vias de circulação entre a carga e descarga na tolva	Queda em altura	0%	0%	30%	70%

Tabela 69: Riscos classificados como **Muito Elevado** (processo de Transformação)

Nível de Risco							Nível de Risco Ponderado						
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4
P34	Material de desencravamento	Esmagamento	0%	0%	0%	100%	P33	Britador de Maxilas	Queda no Britador	0%	0%	8%	93%
P38	Cabine do trabalhador no Britador de Maxilas	Queda de estruturas com operador	0%	0%	25%	75%	P34	Material de desencravamento	Esmagamento	0%	0%	0%	100%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P33 passa de consenso no nível <i>Muito Elevado</i> para consenso no nível <i>Elevado</i> .							P38	Cabine do trabalhador no Britador de Maxilas	Queda de estrutura com operador	0%	0%	0%	100%

Tabela 70: Riscos **sem consenso** entre o painel de especialistas (processos Desmonte)

Nível de Risco							Nível de Risco Ponderado						
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4
P03	Carro de perfuração	Esmagamento	50%	50%	0%	0%	P03	Carro de perfuração	Esmagamento	50%	50%	0%	0%
P04	Carro de perfuração	Queda a nível diferente	2,5%	42,5%	55%	0%	P04	Carro de perfuração	Queda a nível diferente	3%	43%	55%	0%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P11 passa de consenso no nível <i>Elevado</i> para sem consenso.							P11	Explosivos/Detonadores /Acessórios de Fogo	Corte	0%	35%	65%	0%

Tabela 71: Riscos **sem consenso** entre o painel de especialistas (processo de Carga e Transporte)

Nível de Risco							Nível de Risco Ponderado						
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4
P16	Frente de desmonte	Soterramento	0%	42,5%	57,5%	0%	P16	Frente de desmonte	Soterramento	0%	43%	58%	0%
P21	Giratória	Queda em altura do equipamento com operador	40%	60,0%	0%	0%	P30	Dumper Camião	Queda do equipamento com operador	0%	0%	40%	60%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P21 passa de sem consenso para consenso no nível <i>Elevado</i> . -O risco P30 passa de consenso no nível <i>Elevado</i> para sem consenso.													

Tabela 72: Riscos **sem consenso** entre o painel de especialistas (processo de Transformação)

Nível de Risco							Nível de Risco Ponderado						
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4
P45	Estrutura dos crivos	Queda em altura	0%	50,0%	50,0%	0%	P35	Escadas de acesso	Queda em altura	0%	63%	38%	0%
P46	Fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	42,5%	57,5%	0%	P36	Quadro elétrico fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	0%	55%	45%
P47	Fragmentadores de eixo vertical/ maxilas	Queda em altura	0%	42,5%	57,5%	0%	P37	Britador de Maxilas	Projeção de rocha	0%	58%	43%	0%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -Os riscos P35, P36 e P37 passa de consenso no nível <i>Elevado</i> para sem consenso. - Os riscos P43 e P44 passam de consenso no nível de <i>Médio</i> para sem consenso.							P43	Tapetes transportadores	Abrasão	0%	55%	45%	0%
							P44	Escada de acesso	Queda em Altura	60%	40%	0%	0%
							P45	Estrutura dos crivos	Queda em altura	0%	3%	48%	50%
							P46	Fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	0%	43%	58%
							P47	Fragmentadores de eixo vertical/ maxilas	Queda em altura	0%	43%	58%	0%

5.2.2 Priorização da Intervenção

Uma vez definido o Nível de Risco e o Nível de Risco Ponderado, coloca-se a questão da gestão desse novo conhecimento, nomeadamente de qual a ordem de intervenção para a eliminação ou, pelo menos, a minimização do risco associado a cada uma das situações analisadas. Nesse sentido, o conceito ao qual se recorreu foi o de dar prioridade às situações em que a resolução fosse mais fácil e de custo mais reduzido, no sentido de dar solução, o mais rapidamente possível, ao maior número de situações com o menor custo, dando menor prioridade às situações de maior complexidade técnica e de maior custo de implementação.

Deste critério de seriação devem ser excluídos os riscos que sejam considerados como críticos, os quais devem ter intervenção imediata, ainda que não correspondam ao conceito acima descrito. A rigor, este tipo de riscos deveria impedir o funcionamento das instalações. Nos exemplos que foram considerados para testar o método, considerou-se que não existem situações que obrigassem a esse procedimento.

Na Tabela 73 pode ser encontrado o resultado da aplicação dos critérios acima descritos. A vermelho encontram-se assinaladas as situações consideradas pelos técnicos como de *Prioridade Muito Elevada*, a laranja as de *Prioridade Elevada*, a amarelo as de *Prioridade Média* e a verde as de *Prioridade Baixa*.

Ressaltam os riscos P10 e P12 (vermelho) como os que devem ser solucionados em primeiro lugar, seguidos pelos riscos P5, P8, P9 e P24 (laranja). É de realçar que os riscos de intervenção mais prioritária correspondem à operação de desmonte. A exceção é o risco P24 que corresponde ao processo de Carga e transporte.

Na Figura 46 podem ser encontrados os riscos ordenados por prioridade e por nível de consenso. Com a aplicação dos critérios de priorização, verifica-se que o número de riscos em que não houve consenso diminuiu em relação ao Nível de Risco (Figura 44) e ao Nível de Risco Ponderado (Figura 45), respetivamente com sete e com treze riscos com ausência de consenso.

Na Tabela 74 estão ordenados os riscos por ordem inversa de prioridade. Nas linhas estão assinalados os processos com a cor do respetivo *Nível de Priorização*. Na primeira coluna estão assinalados pelas respetivas cores o *Nível de Risco Ponderado* em que o risco estava classificado anteriormente à priorização. É de assinalar que, dos treze riscos sobre os quais não existia consenso relativamente ao NRP, apenas quatro se mantiveram sem consenso. A este número, acresce o risco P41, que passou de uma classificação de *Risco Elevado*, para uma classificação *Sem Consenso*.

Tabela 73: Determinação do Nível de Priorização (para 4 níveis de risco)

Risco Especialista	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	1707	8533	2560	6400	25600	1164	6400	51200	25600	93091	20480	81920	9600	7680	15360	1280	1280	1280	1067	1024	2560	1280	1536	25600	5120	5120	6400	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	6827	2048	160	24	640	5120	6400	3840	3840	48	7680	1365	5120	5120	2909
4	1707	8533	2560	12800	25600	2327	6400	51200	12800	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	2880	1067	512	2560	5120	1536	25600	20480	10240	6400	2560	1536	1280	1280	1280	3072	5120	20480	6827	2048	160	48	320	5120	6400	3840	3840	96	7680	1365	5120	10240	5818
5	853	8533	5120	12800	25600	2327	6400	51200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	2560	5120	1536	25600	20480	10240	6400	5120	1536	1280	1280	1280	3072	5120	20480	8413	2048	80	48	320	5120	6400	3840	3840	96	7680	1365	5120	10240	2909
6	1707	8533	5120	6400	25600	2327	6400	51200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	2880	2133	512	2560	5120	1536	25600	10240	10240	6400	5120	3072	1280	1280	1280	3072	5120	20480	6827	2048	160	48	320	5120	6400	1920	3840	48	7680	1365	5120	10240	5818
8	1707	8533	5120	6400	12800	1164	3200	51200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	7680	1280	1280	1280	1067	512	2560	6400	3072	51200	10240	10240	6400	5120	3072	640	1280	1280	3072	5120	20480	6827	4096	160	48	320	5120	6400	1920	3840	96	7680	1365	5120	5120	2909
9	1707	8533	1024	12800	25600	5818	6400	51200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	1280	2560	1536	25600	20480	10240	6400	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	20480	3413	2048	160	24	120	5120	6400	1920	7680	48	7680	683	5120	5120	2909
10	1707	8533	2560	6400	25600	1164	6400	51200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	3072	1280	1280	1280	1067	1024	1280	5120	1536	25600	20480	5120	6400	2560	3072	640	1280	1280	3072	5120	20480	3413	4096	80	48	320	5120	6400	3840	7680	48	3840	683	2560	5120	5818
11	1707	8533	5120	12800	25600	2327	6400	51200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	3072	1280	1280	1280	2133	1024	12800	5120	1536	25600	20480	10240	6400	5120	1536	640	1280	1280	3072	5120	20480	6827	2048	160	48	320	5120	6400	3840	3840	96	7680	1365	5120	5120	2909
12	1707	8533	5120	12800	25600	2327	6400	51200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	2560	5120	1536	25600	20480	10240	6400	2560	1536	1280	1280	1280	3072	5120	20480	6827	2048	160	48	320	5120	6400	3840	3840	96	7680	1365	5120	10240	5818
13	1707	8533	1024	6400	25600	1164	12800	51200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	6400	6400	1536	12800	20480	5120	6400	5120	3072	640	1280	1280	1536	5120	20480	6827	4096	80	48	320	5120	12800	3840	7680	48	7680	683	5120	5120	2909
14	1707	8533	5120	12800	25600	1164	12800	51200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	640	640	1280	2133	512	2560	5120	1536	25600	20480	10240	6400	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	6827	2048	160	48	320	5120	6400	3840	3840	96	7680	1365	5120	10240	5818
15	853	8533	5120	12800	25600	1164	6400	51200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	15360	6400	6400	1280	1067	1024	2560	5120	1536	12800	10240	10240	12800	5120	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	3413	2048	160	24	120	2560	12800	1920	3840	96	3840	1365	2560	10240	2909
16	853	8533	5120	6400	25600	1164	6400	51200	25600	93091	20480	81920	12000	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	2560	5120	1536	12800	10240	10240	6400	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	3413	4096	160	48	320	5120	6400	1920	3840	24	7680	1365	5120	5120	2909
17	1707	8533	1024	6400	25600	1164	6400	51200	12800	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	512	2560	5120	1536	25600	20480	10240	12800	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	6827	2048	160	48	320	5120	12800	3840	7680	96	7680	1365	5120	5120	2909
18	1707	8533	512	12800	25600	2327	6400	51200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	15360	1280	1280	2560	1067	1024	2560	5120	1536	25600	10240	10240	6400	2560	1536	1280	1280	1280	3072	5120	10240	3413	2048	80	48	320	5120	6400	1920	3840	48	7680	683	5120	5120	2909
20	1707	8533	5120	12800	25600	2327	6400	51200	25600	93091	20480	81920	19200	7680	15360	1280	1280	1280	1067	1024	2560	5120	1536	51200	20480	10240	6400	2560	1536	1280	1280	1280	3072	5120	10240	6827	4096	160	48	320	5120	12800	3840	7680	96	7680	1365	5120	5120	5818
21	1707	8533	5120	12800	25600	1164	6400	51200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	2560	5120	1536	51200	20480	10240	12800	5120	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	3413	4096	160	48	320	2560	12800	1920	3840	96	3840	1365	5120	10240	5818
22	1707	8533	5120	12800	12800	1164	6400	51200	12800	93091	10240	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	1280	5120	3072	25600	20480	5120	12800	2560	1536	1280	1280	1280	3072	5120	10240	3413	2048	80	48	320	2560	12800	1920	7680	48	3840	683	2560	5120	2909
23	853	8533	1280	12800	12800	1164	6400	51200	4800	93091	10240	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	512	1280	5120	1536	12800	20480	5120	6400	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	3413	4096	160	24	320	2560	6400	1920	7680	48	3840	683	2560	5120	2909
24	1707	8533	2560	6400	25600	1164	6400	51200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	1280	5120	3072	25600	20480	10240	12800	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	6827	4096	160	48	320	5120	6400	1920	7680	48	7680	683	5120	5120	2909
25	1707	8533	5120	12800	25600	1164	6400	51200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	2560	5120	1536	12800	20480	5120	6400	2560	3072	640	1280	1280	3072	5120	10240	3413	4096	160	24	320	2560	12800	1920	7680	48	3840	683	5120	5120	5818
26	853	8533	2560	6400	25600	1164	6400	51200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	533	1024	2560	1280	1536	51200	20480	5120	6400	5120	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	3413	4096	160	48	320	1280	6400	1920	3840	96	3840	1365	5120	10240	2909
27	1707	8533	2560	6400	25600	5818	3200	51200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	512	2560	5120	1536	51200	10240	10240	6400	2560	3072	1280	1280	1280	3072	5120	10240	3413	4096	160	48	320	2560	6400	3840	3840	48	3840	683	2560	5120	2909
28	853	8533	2560	6400	25600	1164	6400	51200	12800	93091	10240	81920	9600	7680	15360	1280	1280	1280	2133	1024	1280	1280	1536	25600	10240	5120	6400	2560	1536	640	1280	1280	1536	5120	10240	6827	2048	80	24	120	5120	6400	3840	3840	48	7680	683	5120	5120	2909
29	853	8533	5120	12800	25600	1164	6400	51200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	15360	6400	6400	2560	1067	1024	1280	5120	1536	25600	20480	10240	12800	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	20480	6827	2048	160	48	320	5120	6400	1920	3840	96	7680	1365	5120	5120	2909
30	1707	8533	2560	6400	25600	1164	6400	51200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	2133																															

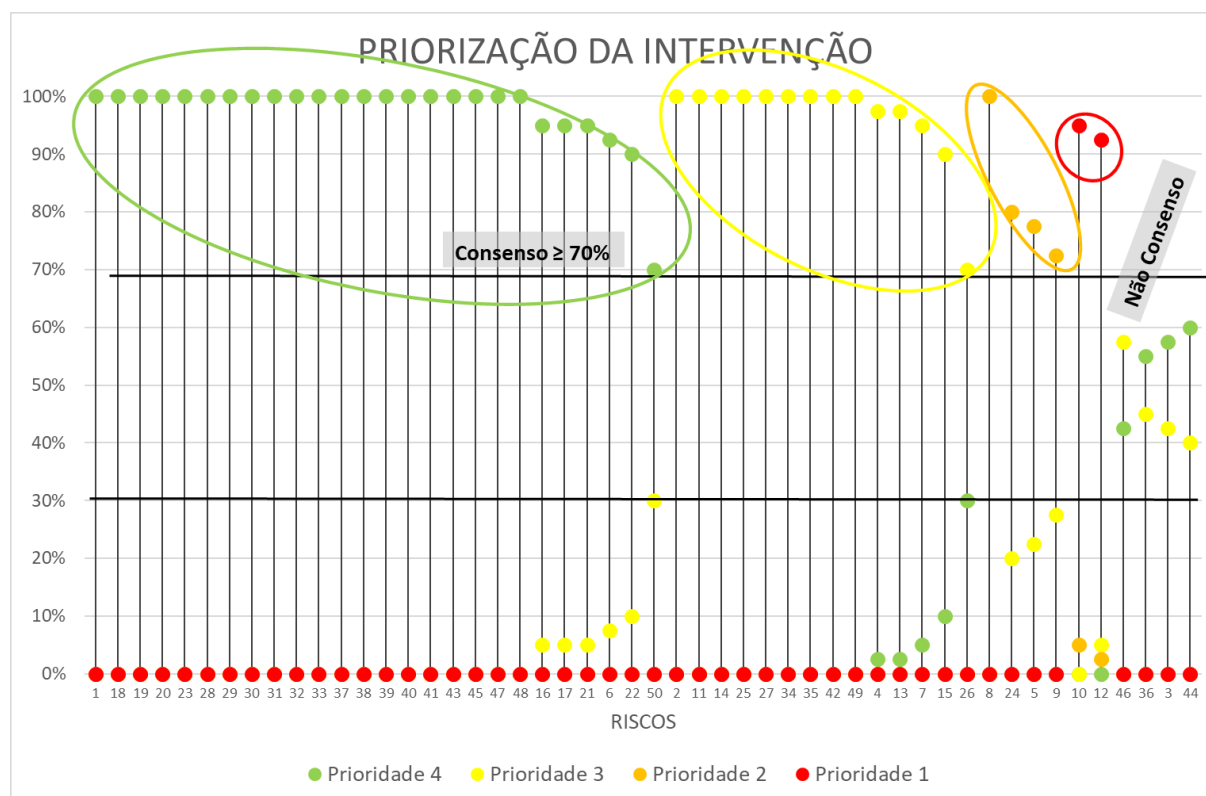


Figura 46: Riscos ordenados por Nível de Risco Ponderado. Os riscos com um Nível de Consenso superior a 70% encontram-se assinalados.

Tabela 74: Descrição dos perigos e dos riscos de acordo com o nível de priorização.

#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4
Furação (Prioridade Baixa)						
P01	Carro de perfuração	Projeção de partículas	100%	0%	0%	0%
P06	Hastes	Abrasão	93%	8%	0%	0%
Desmonte (Prioridade Baixa)						
P16	Frete de desmonte	Soterramento	95%	5%	0%	0%
P17	Lagoa	Afogamento	95%	5%	0%	0%
P18	Pica Pedra	Projeção de partículas	100%	0%	0%	0%
P19	Vias de circulação	Queda ao mesmo nível	100%	0%	0%	0%
P20	Lagoa	Queda na Lagoa	100%	0%	0%	0%
Carga (Prioridade Baixa)						
P21	Giratória	Queda em altura equipamento e operador	95%	5%	0%	0%
P23	Dumper/Camião	Capotamento	100%	0%	0%	0%
P28	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Colisão	70%	30%	0%	0%
P29	Dumper/Camião	Queda em altura	100%	0%	0%	0%
P30	Dumper/Camião	Queda do equipamento com operador	100%	0%	0%	0%
P31	Cabine do operador	Projeção de Material	100%	0%	0%	0%
P32	Material	Queda na tolva	100%	0%	0%	0%
Transformação (Prioridade Baixa)						
P33	Britador de Maxilas	Queda no Britador	100%	0%	0%	0%
P37	Britador de Maxilas	Projeção de rocha	100%	0%	0%	0%
P38	Cabine do trabalhador no Britador de Maxilas	Queda de estruturas com operador	100%	0%	0%	0%
P39	Plataforma de acesso aos tapetes transportadores	Queda em altura	100%	0%	0%	0%
P40	Tapetes transportadores	Queda de Material	100%	0%	0%	0%
P43	Tapetes transportadores	Abrasão	100%	0%	0%	0%
P45	Estrutura dos crivos	Queda em altura	100%	0%	0%	0%
P47	Fragmentadores de eixo vertical/ maxilas	Queda em altura	100%	0%	0%	0%
P50	Pá carregadora/Camião	Colisão	70%	30%	0%	0%

#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4
Furação (Prioridade Média)						
P02	Lagoa	Queda na lagoa	0%	100%	0%	0%
P04	Carro de perfuração	Queda a nível diferente	3%	98%	0%	0%
P07	Pavimento/Plataforma de trabalho	Queda ao mesmo nível	5%	95%	0%	0%
Desmonte (Prioridade Média)						
P11	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Corte	0%	100%	0%	0%
P13	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Queda de Material	3%	98%	0%	0%
P14	Rocha	Projeção de rocha	0%	100%	0%	0%
P15	Explosivo	Projeção de Partículas	10%	90%	0%	0%
Desmonte (Prioridade Média)						
P22	Giratória	Queda de Material	28%	73%	0%	0%
P25	Dumper/Camião	Despiste/Colisão	0%	100%	0%	0%
P26	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Queda em altura	0%	100%	0%	0%
P27	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Queda ao mesmo nível	0%	100%	0%	0%
Transformação (Prioridade Média)						
P34	Material de desencravamento	Esmagamento	0%	100%	0%	0%
P35	Escadas de acesso	Queda em altura	0%	100%	0%	0%
P42	Plataforma de apoio	Queda ao mesmo nível	0%	100%	0%	0%
P48	Quadro de eletricidade, fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	25%	75%	0%	0%
P49	Fragmentadores de eixo vertical/ maxilas	Queda em Altura	0%	100%	0%	0%
Furação (Prioridade elevada)						
P05	Carro de perfuração	Queda de equipamento com operador	0%	23%	78%	0%
Desmonte (Prioridade elevada)						
P08	Camião	Explosão	0%	0%	100%	0%
P09	Camião	Queda em altura equipamento e operador	0%	28%	73%	0%
Carga e Transporte (Prioridade elevada)						
P24	Dumper/Camião	Atropelamento	0%	20%	80%	0%
Desmonte (Prioridade Muito elevada)						
P10	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Explosão	0%	0%	5%	95%
P12	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Explosão	0%	5%	3%	93%
Furação (sem consenso)						
P03	Carro de perfuração	Esmagamento	58%	43%	0%	0%
Transformação (sem consenso)						
P36	Quadro elétrico/fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	55%	45%	0%	0%
P41	Quadro elétrico/fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	38%	63%	0%	0%
P44	Escada de acesso	Queda em Altura	60%	40%	0%	0%
P46	Fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	43%	58%	0%	0%

5.2.3 Teste dos Resultados

Coefficiente de Variação

Determinado o Coeficiente de Variação, verificou-se que 21 dos 50 riscos apresentam um coeficiente de variação abaixo dos 30% quer para o Nível de Risco quer para o Nível de Risco Ponderado (Tabela 75 e Tabela 76).

Para o Nível de Priorização, o número de riscos com um Coeficiente de Variação abaixo de 30% continuou a ser de 21 (embora não exatamente os mesmos riscos), tendo surgido 5 riscos com valores de Coeficiente de Variação superiores a 50% (Tabela 77.)

Percentagem de Consenso

Das 50 avaliações efetuadas, para o Nível de Risco a percentagem de Consenso foi de 86% (Figura 44), para o Nível de Risco Ponderado de 74% (Figura 45) e, para o Nível de Priorização de 92% (Figura 46).

Tabela 75: Desvio Padrão, Média, Variância e Coeficiente de Variação para cada Risco de acordo com o valor do **Nível de Risco**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Desvio padrão	3,7	0,0	5,0	8,6	14,5	6,8	2,6	7,1	16,6	28,3	15,5	46,3	4,7	7,3	9,7	12,0	5,2	5,2	4,2	3,5	4,0	21,4	19,4	30,4	15,7	14,9	3,7	14,9	11,1	8,8	1,6	6,4	0,0	15,7	16,1	16,0	17,5	10,9	1,1	16,4	3,6	6,0	6,0	12,6	8,0	7,4	18,6			
Média	13,6	16,0	11,3	24,5	56,4	19,6	8,6	62,4	54,2	24,9	52,8	24,3	22,1	45,6	43,2	37,8	14,6	14,6	11,9	14,0	12,8	48,0	70,4	68,8	54,0	10,4	10,4	41,6	31,2	25,0	46,2	80,0	44,0	46,4	45,6	70,0	41,4	5,3	51,6	10,2	17,4	16,8	35,7	37,8	25,2	28,0	20,8	52,0		
Variância	13,8	0,0	24,5	74,0	209,9	45,8	7,0	49,9	276,5	798,2	238,9	214,2	22,4	53,2	94,5	144,4	27,0	27,0	17,5	12,3	15,8	459,5	378,1	921,6	245,3	220,6	13,8	220,6	124,1	76,9	41,0	0,0	246,2	259,9	256,7	307,7	117,8	1,2	269,0	13,1	36,6	35,4	158,7	64,2	49,2	55,1	344,6			
Coeficiente de variação	27%	0%	44%	35%	26%	35%	31%	11%	31%	11%	29%	19%	21%	16%	23%	32%	36%	36%	35%	25%	31%	45%	28%	44%	29%	36%	36%	36%	31%	35%	8%	14%	0%	36%	35%	35%	26%	21%	32%	35%	35%	32%	25%	36%	36%	36%				
Coeficiente de Valiação < 30%						30% > Coeficiente de Valiação < 50%																																												

Tabela 76: Desvio Padrão, Média, Variância e Coeficiente de Variação para cada Risco de acordo com o valor do **Nível de Risco Ponderado**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Desvio padrão	5,0	0,0	4,0	8,6	14,5	6,2	5,3	14,1	16,6	25,7	12,4	37,0	9,5	5,8	7,8	12,0	6,9	5,6	5,6	2,8	21,4	21,4	38,9	30,4	12,5	7,4	14,9	22,3	31,8	8,8	3,2	12,8	0,0	12,6	21,5	12,8	35,1	10,9	2,2	16,4	7,2	12,1	4,8	25,2	24,0	10,7	14,0	5,9	16,9	
Média	18,1	21,3	9,0	24,5	56,4	17,8	17,2	124,8	54,2	226,9	42,2	194,6	44,1	36,5	34,6	37,8	19,4	15,8	15,8	11,2	48,0	48,0	140,8	68,8	43,2	20,8	41,6	62,4	102,4	25,0	39,5	92,4	160,0	35,2	61,9	36,5	140,0	41,4	10,5	51,6	20,4	34,8	13,4	71,4	75,6	33,6	56,0	16,6	47,3	
Variância	24,5	0,0	15,7	74,0	209,9	37,8	28,1	199,5	276,5	659,7	152,9	1371,2	89,6	34,0	60,5	144,4	48,0	31,2	31,2	7,9	459,5	459,5	1512,4	921,6	157,0	55,1	220,6	496,2	1008,2	76,9	10,0	163,9	0,0	157,5	462,1	164,3	1230,8	117,8	4,9	269,0	52,3	146,2	22,7	634,7	577,5	114,1	196,9	35,3	284,8	
Coeficiente de variação	27%	0%	44%	35%	26%	35%	31%	11%	31%	11%	29%	19%	21%	16%	23%	32%	36%	35%	35%	25%	45%	45%	28%	44%	29%	36%	36%	36%	31%	35%	8%	14%	0%	36%	35%	35%	26%	21%	32%	35%	35%	32%	25%	36%	36%	36%	36%			
Coeficiente de Valiação < 30%						30% >= Coeficiente de Valiação < 50%																																												

Tabela 77: Desvio Padrão, Média, Variância e Coeficiente de Variação para cada Risco de acordo com o **Nível de Priorização**

50	1350	3782	1822759	36
49	2376	6656	5646178	36
48	1123	4480	1260308	25
47	342	1075	116807	32
46	1922	6048	3695852	32
45	25	71	635	35
44	1905	5376	3629686	35
43	967	2784	935778	35
37	1025	2918	1051265	35
36	1720	4949	2957522	35
35	5021	1408	25206154	36
34	0	5120	0	0%
33	410	2957	167873	14
32	101	1264	10240	8%
31	101	1264	10240	8%
30	281	800	78769	35
29	713	1997	508156	36
28	1188	3328	1411545	36
27	2970	8320	8822154	36
26	2376	8704	5646178	27
25	5012	1728	25122133	29
24	1214	2752	14745600	44
23	467	1690	217781	28
22	1635	4352	2671852	38
21	1918	2432	3680098	79
20	225	896	50412	25
19	447	1267	199658	35
18	554	1552	307463	36
17	1185	1536	1403143	77
16	1185	1536	1403143	77
15	4484	1274	20108461	35
14	2333	1459	5444529	16
13	3787	1764	14340923	21
12	1481	7782	21939436	19
11	4946	1689	24466773	29
10	1027	9076	10554642	11
9	6651	2168	44235487	31
8	5650	4992	31927795	11
7	2119	6880	4489846	31
6	1263	1775	1596216	71
5	5795	2256	33581949	26
4	3441	9800	11840000	35
3	1802	3181	3246175	57
2	0	8533	0	0%
1	396	1451	156838	27
Desvio padrão				
Média				
Variância				
Coeficiente de variação				
Coeficiente de Valiação < 30%				
30% > Coeficiente de Valiação < 50%				
Coeficiente de Valiação > 50%				

5.3 Gestão do Risco- 5 níveis

5.3.1 Cálculo do Nível de Risco

Após a análise dos resultados do ponto 5.2, foi decidido alterar a escala do risco de 4 para 5 níveis, utilizando os mesmos valores com origem no painel de avaliadores, apresentados na Tabela 58, mas agora com uma definição de 5 bandas de risco. Os novos limites utilizados partem dos limites da matriz apresentada na Tabela 23, com a simples alteração dos limites das bandas. Os novos limites são apresentados na Tabela 78. Nesta nova proposta de bandas, a nova banda corresponde ao Risco Extremo. A grande vantagem de uma grelha com mais níveis de risco é a possibilidade de uma maior discriminação dos potenciais eventos e, deste modo, conseguir uma atuação mais assertiva.

Tabela 78: Nova tabela de Níveis de Risco

	Risco (NR)
1 - Baixo	≤ 8
2 - Médio	$8 < \text{índice de risco} \leq 24$
3 - Elevado	$24 < \text{índice de risco} \leq 64$
4 – Muito elevado	$64 < \text{índice de risco} \leq 160$
5- Risco Extremo	≥ 160

Tabela 79: Determinação do Nível de Risco (para 5 níveis de risco)

Risco Aplicador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	16	16	8	16	64	16	8	64	64	256	64	256	12	24	48	24	12	12	10	16	16	16	64	64	16	32	8	32	24	64	20	20	48	80	32	64	32	80	24	10	64	8	24	12	24	48	32	32	16	40
4	16	16	8	32	64	32	8	64	32	256	64	256	24	48	48	48	27	27	10	8	16	64	64	64	64	64	8	32	24	32	40	20	48	80	64	64	32	80	48	5	64	8	24	12	48	48	32	32	80	
5	8	16	16	32	64	32	8	64	64	256	64	256	24	48	48	24	12	12	10	16	16	64	64	64	64	64	8	64	24	64	40	20	48	80	64	32	32	40	48	5	64	8	24	12	48	48	32	32	40	
6	16	16	16	16	64	32	8	64	64	256	64	256	24	48	48	48	27	27	20	8	16	64	64	64	32	64	16	64	48	64	40	20	48	80	64	64	32	80	48	5	64	8	12	12	24	48	32	32	80	
8	16	16	16	16	32	16	4	64	64	256	32	256	24	48	24	48	12	12	10	8	16	16	128	128	32	64	8	64	48	32	20	20	48	80	64	64	64	80	48	5	64	8	12	12	48	48	32	32	16	40
9	16	16	16	32	64	16	8	64	64	256	64	256	24	48	48	48	12	12	10	16	8	32	64	64	64	64	8	32	24	32	20	20	48	80	64	32	32	80	24	5	64	8	12	24	24	48	16	32	16	40
10	16	16	8	16	64	16	8	64	64	256	32	256	24	48	48	48	12	12	10	16	8	64	64	64	64	32	8	32	48	32	20	20	48	80	64	32	64	40	48	5	64	8	24	24	24	24	16	16	16	80
11	16	16	16	32	64	32	8	64	64	256	64	256	24	48	48	48	12	12	20	16	16	64	64	64	64	64	8	64	24	64	20	20	48	80	64	64	32	80	48	5	64	8	24	12	48	48	32	32	16	40
12	16	16	16	32	64	32	8	64	64	256	64	256	24	48	48	48	12	12	10	16	16	64	64	64	64	64	8	32	24	64	40	20	48	80	64	64	32	80	48	5	64	8	24	12	48	48	32	32	80	
13	16	16	16	16	64	16	16	64	64	256	64	256	24	48	48	48	12	12	10	16	8	16	64	32	64	32	8	64	48	32	20	20	24	80	64	64	64	40	48	5	64	16	24	24	24	48	16	32	16	40
14	16	16	16	32	64	16	16	64	64	256	64	256	24	48	48	48	12	12	20	8	16	64	64	64	64	64	8	32	24	64	20	20	48	80	32	64	32	80	48	5	64	8	24	12	48	48	32	32	80	
15	8	16	16	32	64	16	8	64	64	256	32	256	24	48	48	48	12	12	10	16	16	64	64	32	32	64	16	64	24	32	20	20	48	80	32	32	32	80	24	5	32	16	12	12	48	24	32	16	32	40
16	8	16	16	16	64	16	8	64	64	256	64	256	15	48	48	48	12	12	10	16	16	64	64	32	32	64	8	32	24	64	20	20	48	80	32	32	64	80	48	5	64	8	12	12	12	48	32	32	16	40
17	16	16	16	16	64	16	8	64	32	256	64	256	24	48	48	24	12	12	10	8	16	64	64	64	64	64	16	32	24	64	20	20	48	80	32	64	32	80	48	5	64	16	24	24	48	48	32	32	16	40
18	16	16	8	32	64	32	8	64	64	256	32	256	24	48	48	48	24	24	10	16	16	64	64	64	32	64	8	32	24	32	40	20	48	80	32	32	32	40	48	5	64	8	12	12	24	48	16	32	16	40
20	16	16	16	32	64	32	8	64	64	256	64	256	24	24	48	48	12	12	10	16	16	64	64	128	64	64	8	32	24	64	40	20	48	80	32	64	64	80	48	5	64	16	24	24	48	48	32	32	16	80
21	16	16	16	32	64	16	8	64	64	256	64	256	24	48	48	24	12	12	10	16	16	64	64	128	64	64	16	64	24	64	20	20	48	80	32	32	64	80	48	5	32	16	12	12	48	24	32	32	80	
22	16	16	16	32	32	16	8	64	32	256	32	256	24	48	48	48	12	12	10	16	8	64	128	64	64	32	16	32	24	32	40	20	48	80	32	32	32	40	48	5	32	16	12	24	24	24	16	16	16	40
23	8	16	4	32	32	16	8	64	12	256	32	256	24	48	48	48	12	12	10	8	8	64	64	32	64	32	8	32	24	32	20	20	48	80	32	32	64	80	24	5	32	8	12	24	24	24	16	16	16	40
24	16	16	8	16	64	16	8	64	64	256	32	256	24	48	48	24	12	12	10	16	8	64	128	64	64	16	32	24	32	20	20	48	80	32	64	64	80	48	5	64	8	12	24	24	48	16	32	16	40	
25	16	16	16	32	64	16	8	64	64	256	64	256	24	48	48	48	12	12	10	16	16	64	64	32	64	32	8	32	48	64	20	20	48	80	32	32	64	80	24	5	32	16	12	24	24	24	16	32	16	80
26	8	16	8	16	64	16	8	64	64	256	32	256	24	48	48	24	12	12	5	16	16	16	64	128	64	32	8	64	24	64	20	20	48	80	32	32	64	80	48	5	16	8	12	12	48	24	32	32	40	
27	16	16	8	16	64	16	4	64	64	256	32	256	24	48	48	48	12	12	10	8	16	64	64	128	32	64	8	32	48	64	40	20	48	80	32	32	64	80	48	5	32	8	24	12	24	24	16	16	16	40
28	8	16	8	16	64	16	8	64	32	256	32	256	12	24	48	48	12	12	20	16	8	16	64	64	32	32	8	32	24	32	20	20	24	80	32	64	32	40	24	5	64	8	12	24	48	16	32	16	40	
29	8	16	16	32	64	16	8	64	64	256	32	256	24	48	48	48	24	24	10	16	8	64	64	64	64	64	16	32	24	64	20	20	48	80	64	64	32	80	48	5	64	8	12	12	48	48	32	32	16	40
30	16	16	8	16	64	16	8	64	64	256	32	256	24	48	48	24	12	12	20	16	8	32	64	64	64	32	8	32	48	32	20	20	48	80	32	32	32	40	24	5	32	16	12	24	24	24	16	16	16	80
31	8	16	8	32	64	16	8	64	64	256	64	256	24	48	48	48	24	24	10	16	16	16	64	64	32	64	8	32	24	64	20	20	48	80	64	64	64	80	48	10	64	8	12	12	48	48	32	32	40	
32	16	16	8	32	64	32	8	64	32	256	64	256	24	48	24	24	12	12	10	8	8	64	64	32	64	64	16	32	24	64	20	20	48	80	32	32	64	80	48	5	64	8	24	24	24	48	32	16	16	40
34	16	16	4	16	16	16	8	32	64	128	64	256	24	48	24	24	12	12	10	16	8	16	128	64	64	64	8	32	48	64	40	20	48	80	32	32	32	80	48	5	32	16	12	24	24	24	16	32	16	80
35	8	16	4	32	64	16	8	64	64	256	32	64	24	48	24	24	12	12	10	16	8	64	64	32	64	64	8	32	48	64	20	20	48	80	64	32	32	40	48	5	32	8	12	12	48	24	32	16	16	40
36	16	16	4	4	64	16	8	64	64	256	32	256	24	48	48	24	12	12	20	16	8	64	64	64	64	64	8	32	24	32	40	20	48	80	32	32	32	80	24	5	64	8	24	24	48	24	16	32	16	40
37	16	16	4	32	64	16	8	64	32	256	64	256	18	48	48	24	12	12	10	16	8	64	64	64	32	32	16	32	24	64	20	20	24	80	32	64	64	80	48	5	32	8	12	12	48	24	32	32	16	40
38	8	16	16	16	64	16	8	64	64	256	64	256	3	48	48	48	24	24	10	16	16	16	64	128	64	64	16	32	48	64	20	10	48	80	32	32	32	40	48	5	32	16	12	12	24	24	16	16	16	40
39	8	16	16	16	32	16	8	64	12	256	64	256	24	48	48																																			

Tabela 80: Determinação do Nível de Risco Ponderado (para 5 níveis de risco)

Risco Aplicador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	21	21	6	16	64	15	16	128	64	233	51	205	24	19	38	24	16	13	13	13	16	16	128	64	13	64	16	32	48	128	20	40	96	160	26	85	26	160	24	20	64	16	48	10	48	96	43	64	13	36
4	21	21	6	32	64	29	16	128	32	233	51	205	48	38	38	48	36	13	13	6	64	64	128	64	51	128	16	32	48	64	40	40	96	160	51	85	26	160	48	10	64	16	48	10	96	96	43	64	26	73
5	11	21	13	32	64	29	16	128	64	233	51	205	48	38	38	24	16	13	13	13	64	64	128	64	51	128	16	64	48	128	40	40	96	160	51	43	26	80	48	10	64	16	48	10	96	96	43	64	26	36
6	21	21	13	16	64	29	16	128	64	233	51	205	48	38	38	48	36	27	27	6	64	64	128	64	26	128	32	64	96	128	40	40	96	160	51	85	26	160	48	10	64	16	24	10	48	96	43	64	26	73
8	21	21	13	16	32	15	8	128	64	233	26	205	48	38	19	48	16	13	13	6	16	16	256	128	26	128	16	64	96	64	20	40	96	160	51	85	51	160	48	10	64	16	24	10	96	96	43	64	13	36
9	21	21	13	32	64	15	16	128	64	233	51	205	48	38	38	48	16	13	13	13	32	32	128	64	51	128	16	32	48	64	20	40	96	160	51	43	26	160	24	10	64	16	24	19	48	96	21	64	13	36
10	21	21	6	16	64	15	16	128	64	233	26	205	48	38	38	48	16	13	13	13	64	64	128	64	51	64	16	32	96	64	20	40	96	160	51	43	51	80	48	10	64	16	48	19	48	48	21	32	13	73
11	21	21	13	32	64	29	16	128	64	233	51	205	48	38	38	48	16	27	27	13	64	64	128	64	51	128	16	64	48	128	20	40	96	160	51	85	26	160	48	10	64	16	48	10	96	96	43	64	13	36
12	21	21	13	32	64	29	16	128	64	233	51	205	48	38	38	48	16	13	13	13	64	64	128	64	51	128	16	32	48	128	40	40	96	160	51	85	26	160	48	10	64	16	48	10	96	96	43	64	26	73
13	21	21	13	16	64	15	32	128	64	233	51	205	48	38	38	48	16	13	13	13	16	16	128	32	51	64	16	64	96	64	20	40	48	160	51	85	51	80	48	10	64	32	48	19	48	96	21	64	13	36
14	21	21	13	32	64	15	32	128	64	233	51	205	48	38	38	48	16	27	27	6	64	64	128	64	51	128	16	32	48	128	20	40	96	160	26	85	26	160	48	10	64	16	48	10	96	96	43	64	26	73
15	11	21	13	32	64	15	16	128	64	233	26	205	48	38	38	48	16	13	13	13	64	64	128	32	26	128	32	64	48	64	20	40	96	160	26	43	26	160	24	10	32	32	24	10	96	48	43	32	26	36
16	11	21	13	16	64	15	16	128	64	233	51	205	30	38	38	48	16	13	13	13	64	64	128	32	26	128	16	32	48	128	20	40	96	160	26	43	51	160	48	10	64	16	24	10	24	96	43	64	13	36
17	21	21	13	16	64	15	16	128	32	233	51	205	48	38	38	24	16	13	13	6	64	64	128	64	51	128	32	32	48	128	20	40	96	160	26	85	26	160	48	10	64	32	48	19	96	96	43	64	13	36
18	21	21	6	32	64	29	16	128	64	233	26	205	48	38	38	48	32	13	13	13	64	64	128	64	26	128	16	32	48	64	40	40	96	160	26	43	26	80	48	10	64	16	24	10	48	96	21	64	13	36
20	21	21	13	32	64	29	16	128	64	233	51	205	48	19	38	48	16	13	13	13	64	64	128	128	51	128	16	32	48	128	40	40	96	160	26	85	51	160	48	10	64	32	48	19	96	96	43	64	13	73
21	21	21	13	32	64	15	16	128	64	233	51	205	48	38	38	24	16	13	13	13	64	64	128	128	51	128	32	64	48	128	20	40	96	160	26	43	51	160	48	10	32	32	24	10	96	48	43	64	26	73
22	21	21	13	32	32	15	16	128	32	233	26	205	48	38	38	48	16	13	13	13	64	64	256	64	51	64	32	32	48	64	40	40	96	160	26	43	26	80	48	10	32	32	24	19	48	48	21	32	13	36
23	11	21	3	32	32	15	16	128	12	233	26	205	48	38	38	48	16	13	13	6	64	64	128	32	51	64	16	32	48	64	20	40	96	160	26	43	51	160	24	10	32	16	24	19	48	48	21	32	13	36
24	21	21	6	16	64	15	16	128	64	233	26	205	48	38	38	24	16	13	13	13	64	64	256	64	51	128	32	32	48	64	20	40	96	160	26	85	51	160	48	10	64	16	24	19	48	96	21	64	13	36
25	21	21	13	32	64	15	16	128	64	233	51	205	48	38	38	48	16	13	13	13	64	64	128	32	51	64	16	32	96	128	20	40	96	160	26	43	51	160	24	10	32	32	24	19	48	48	21	64	13	73
26	11	21	6	16	64	15	16	128	64	233	26	205	48	38	38	24	16	7	7	13	16	16	128	128	51	64	16	64	48	128	20	40	96	160	26	43	51	160	48	10	16	16	24	10	96	48	43	64	26	36
27	21	21	6	16	64	15	8	128	64	233	26	205	48	38	38	48	16	13	13	6	64	64	128	128	26	128	16	32	96	128	40	40	96	160	26	43	51	160	48	10	32	16	48	10	48	48	21	32	13	36
28	11	21	6	16	64	15	16	128	32	233	26	205	24	19	38	48	16	27	27	13	16	16	128	64	26	64	16	32	48	64	20	40	48	160	26	85	26	80	24	10	64	16	48	10	48	96	21	64	13	36
29	11	21	13	32	64	15	16	128	64	233	26	205	48	38	38	48	32	13	13	13	64	64	128	64	51	128	32	32	48	128	20	40	96	160	51	85	26	160	48	10	64	16	24	10	96	96	43	64	13	36
30	21	21	6	16	64	15	16	128	64	233	26	205	48	38	38	24	16	27	27	13	32	32	128	64	51	64	16	32	96	64	20	40	96	160	26	43	26	80	24	10	32	32	24	19	48	48	21	32	13	73
31	11	21	6	32	64	15	16	128	64	233	51	205	48	38	38	48	32	13	13	13	16	16	128	64	26	128	16	32	48	128	20	40	96	160	51	85	51	160	48	20	64	16	24	10	96	96	43	64	26	36
32	21	21	6	32	64	29	16	128	32	233	51	205	48	38	19	24	16	13	13	6	64	64	128	32	51	128	32	32	48	128	20	40	96	160	26	43	51	160	48	10	64	16	48	19	48	96	43	32	13	36
34	21	21	3	16	16	15	16	64	64	116	51	205	48	38	19	24	16	13	13	13	16	16	256	64	51	128	16	32	96	128	40	40	96	160	26	43	26	160	48	10	32	32	24	19	48	48	21	64	13	73
35	11	21	3	32	64	15	16	128	64	233	26	51	48	38	19	24	16	13	13	13	64	64	128	32	51	128	16	32	96	128	20	40	96	160	51	43	26	80	48	10	32	16	24	10	48	48	43	32	13	36
36	21	21	3	4	64	15	16	128	64	233	26	205	48	38	38	24	16	27	27	13	64	64	128	64	51	128	16	32	48	64	40	40	96	160	26	43	26	160	24	10	64	16	48	19	96	48	21	64	13	36
37	21	21	3	32	64	15	16	128	32	233	51	205	36	38	38	24	16	13	13	13	16	16	128	128	51	128	32	32	96	128	20	20	96	160	26	85	51	160	48	10	32	16	24	10	96	48	43	64	13	36
38	11	21	13	16	64	15	16	128	64	233	51	205	6	38	38	48	32</																																	

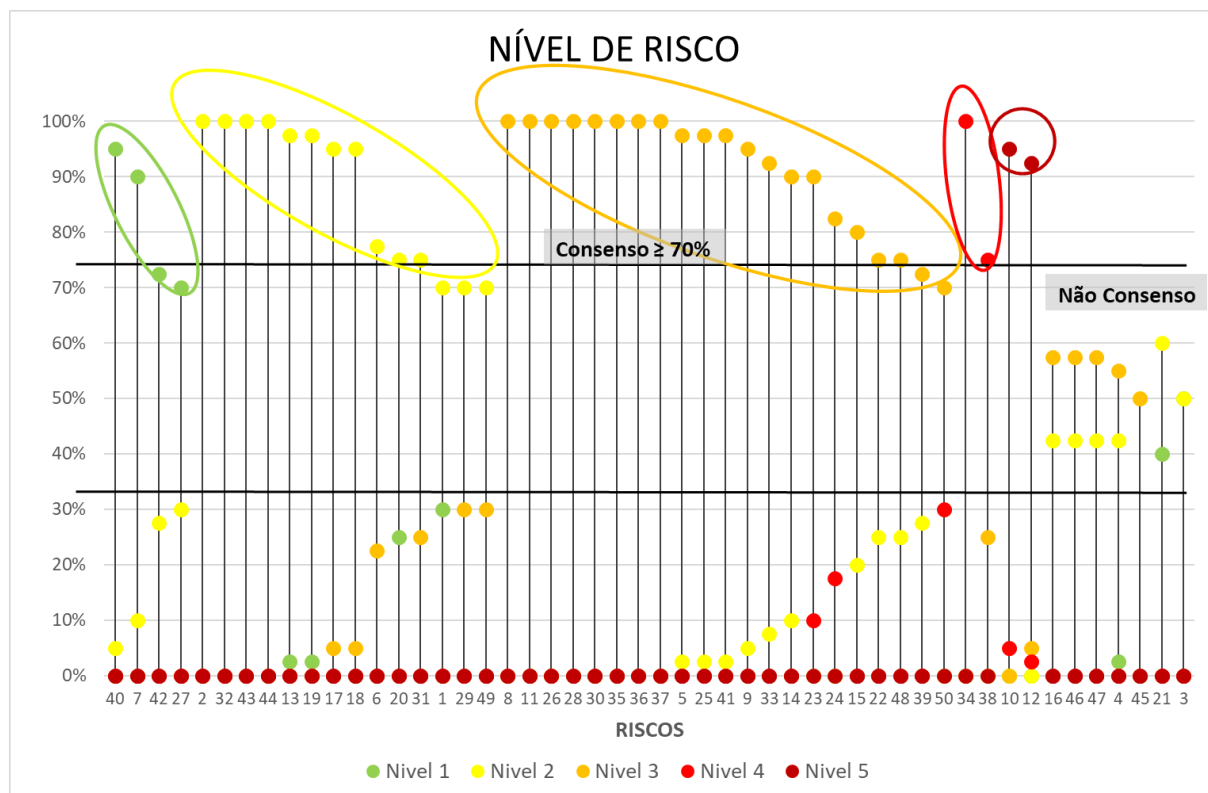


Figura 47: Riscos ordenados por 5 Níveis de Risco. Os riscos com um Nível de Consenso superior a 70% encontram-se assinalados.

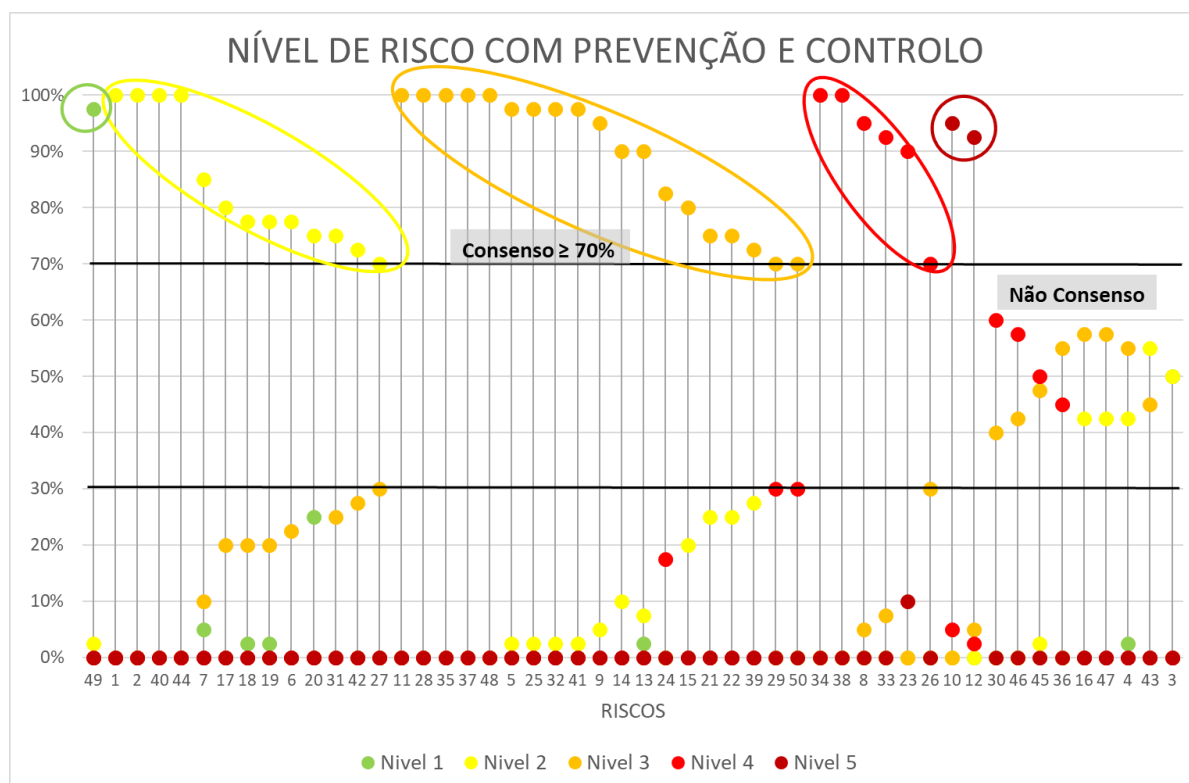


Figura 48: Riscos ordenados por 5 Níveis de Risco Ponderado. Os riscos com um Nível de Consenso superior a 70% encontram-se assinalados.

Tabela 81: Riscos classificados como **Baixo** (5 Bandas - processo de Desmonte)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P07	Pavimento/Plataforma de trabalho	Queda ao mesmo nível	90 %	10 %	0%	0%	0%								
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P7 passa de consenso no nível de Baixo para consenso no nível de Médio.															

Tabela 82: Riscos classificados como **Baixo** (5 Bandas - processo de Carga e Transporte)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P27	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Queda ao mesmo nível	70 %	30 %	0%	0%	0%								
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P27 passa de consenso no nível de Baixo para consenso no nível de Médio.															

Tabela 83: Riscos classificados como **Baixo** (5 Bandas - processo de Transformação)

Tabela 03: Riscos classificados como Baixo (5 Bandas) - processo de Transformação															
Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P40	Tapetes transportadores	Queda de Material	95 %	5 %	0 %	0 %	0 %		Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -Os riscos P40 e P42 passam de consenso no nível de Baixo para consenso no nível de Médio.						
P42	Plataforma de apoio	Queda ao mesmo nível	72,5 %	27,5 %	0 %	0 %	0 %								

Tabela 84: Riscos classificados como **Médio** (5 Bandas - processo de Desmonte)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P01	Carro de perfuração	Projeção de partículas	30%	70%	0%	0%	0%	P01	Carro de perfuração	Projeção de partículas	0%	100%	0%	0%	0%
P02	Lagoa	Queda na lagoa	0%	100%	0%	0%	0%	P02	Lagoa	Queda na lagoa	0%	100%	0%	0%	0%
P06	Hastes	Abrasão	0%	77,5%	23%	0%	0%	P06	Hastes	Abrasão	0%	77,5%	22,5%	0%	0%
P13	Explosivos/ Detonadores/ Acessórios de Fogo	Queda de Material	2,5%	97,5%	0%	0%	0%	P07	Pavimento/Plataforma de trabalho	Queda ao mesmo nível	5%	85%	10%	0%	0%
P17	Lagoa	Afogamento	0%	95%	5%	0%	0%	P17	Lagoa	Afogamento	0%	80%	20%	0%	0%
P18	Pica Pedra	Projeção de partículas	0%	95%	5%	0%	0%	P18	Pica Pedra	Projeção de partículas	2,5%	77,5%	20%	0%	0%
P19	Vias de circulação	Queda ao mesmo nível	3%	98%	0%	0%	0%	P19	Vias de circulação	Queda ao mesmo nível	2,5%	77,5%	20%	0%	0%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P13, passa de consenso no nível Médio para consenso no nível Elevado; -O riscos P07, passa de consenso no nível Baixo para consenso no nível Médio.															

Tabela 85: Riscos classificados como **Médio** (5 Bandas - processo de Carga e Transporte)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P20	Lagoa	Queda na Lagoa	25%	75%	0%	0%	0%	P20	Lagoa	Queda na Lagoa	25%	75%	0%	0%	0%
P29	Dumper/Camião	Queda em altura	0%	70%	30%	0%	0%	P27	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Queda ao mesmo nível	0%	70%	30%	0%	0%
P31	Cabine do operador	Projeção de Material	0%	75%	25%	0%	0%	P31	Cabine do operador	Projeção de Material	0%	75%	25%	0%	0%
P32	Material	Queda na tolva	0%	100%	0%	0%	0%	Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -Os riscos P29 e P32, passam de consenso no nível Médio para consenso no nível Elevado; - Os riscos P07, passa de consenso no nível Baixo para consenso no nível Médio.							

Tabela 86: Riscos classificados como **Médio** (5 Bandas - processo de Transformação)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P43	Tapetes transportadores	Abrasão	0%	100%	0%	0%	0%	P40	Tapetes transportadores	Queda de Material	0%	100%	0%	0%	0%
P44	Escada de acesso	Queda em Altura	0%	100%	0%	0%	0%	P42	Plataforma de apoio	Queda ao mesmo nível	0%	72,5 %	27,5%	0%	0%
P49	Fragmentadores de eixo vertical/ maxilas	Queda em Altura	0%	70%	30%	0%	0%	P44	Escada de acesso	Queda em Altura	0%	100%	0%	0%	0%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O riscos P43 passa de consenso de nível Médio para Não Consenso; - Os riscos P40 e P42, passa de consenso no nível Baixo para consenso no nível Médio.								P49	Fragmentadores de eixo vertical/ maxilas	Queda em Altura	0%	70%	30%	0%	0%

Tabela 87: Riscos classificados como **Elevado** (5 Bandas - processo de Desmonte)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P05	Carro de perfuração	Queda de equipamento com operador	0%	2,5%	97,5%	0%	0%	P05	Carro de perfuração	Queda de equipamento com operador	0%	2,5%	97,5%	0%	0%
P08	Camião	Explosão	0%	0%	100%	0%	0%	P09	Camião	Queda em altura do equipamento com operador	0%	5%	95%	0%	0%
P09	Camião	Queda em altura do equipamento com operador	0%	5%	95%	0%	0%	P11	Explosivos/ Detonadores/ Acessórios de Fogo	Corte	0%	0%	100%	0%	0%
P11	Explosivos/ Detonadores/ Acessórios de Fogo	Corte	0%	0%	100%	0%	0%	P13	Explosivos/ Detonadores/ Acessórios de Fogo	Queda de Material	2,5%	7,5%	90,0%	0%	0%
P14	Rocha	Projeção de rocha	0%	10%	90%	0%	0%	P14	Rocha	Projeção de rocha	0%	10%	90%	0%	0%
P15	Explosivo	Projeção de Partículas	0%	20%	80%	0%	0%	P15	Explosivo	Projeção de Partículas	0%	20%	80%	0%	0%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P08 passa de consenso de nível Muito Elevado para consenso no nível Elevado; - O risco P13 passa de consenso no nível Médio para consenso no nível Elevado.															

Tabela 88: Riscos classificados como **Elevado** (5 Bandas - processo de Carga e Transporte)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P22	Giratória	Queda de Material	0%	25%	75%	0%	0%	P21	Giratória	Queda em altura do equipamento com operador	0%	25%	75%	0%	0%
P23	Dumper/Camião	Capotamento	0%	0%	90%	10%	0%	P22	Giratória	Queda de Material	0%	25%	75%	0%	0%
P24	Dumper/Camião	Atropelamento	0%	0%	82,5%	18%	0%	P24	Dumper/Camião	Atropelamento	0%	0%	82,5%	17,5%	0%
P25	Dumper/Camião	Despiste/Colisão	0%	2,5%	97,5%	0%	0%	P25	Dumper/Camião	Despiste/Colisão	0%	2,5%	97,5%	0%	0%
P26	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Queda em altura	0%	0%	100%	0%	0%	P28	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Colisão	0%	0%	100%	0%	0%
P28	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Colisão	0%	0%	100%	0%	0%	P29	Dumper/Camião	Queda em altura	0%	0%	70%	30,0%	0%
P30	Dumper/Camião	Queda do equipamento com operador	0%	0%	100%	0%	0%	P32	Material	Queda na tolva	0%	2,5%	0,975	0%	0%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -Os riscos P23 e P26 passam de consenso de nível Elevado para consenso no nível Muito Elevado; -O riscos P30 passa de consenso no nível Elevado para Não Consenso; -O riscos P21 passa de Não Consenso para consenso no nível Elevado; -Os riscos P29 e P32 passam de consenso no nível Elevado para consenso no nível Médio.															

Tabela 89: Riscos classificados como **Elevado** (5 Bandas - processo de Transformação)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P33	Britador de Maxilas	Queda no Britador	0%	7,5%	92,5%	0%	0%	P35	Escadas de acesso	Queda em altura	0%	0	1	0%	0%
P35	Escadas de acesso	Queda em altura	0%	0%	100%	0%	0%	P37	Britador de Maxilas	Projeção de rocha	0%	0	1	0%	0%
P36	Quadro elétrico/fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	0%	100%	0%	0%	P39	Plataforma de acesso aos tapetes transportadores	Queda em altura	0%	27,5%	72,5%	0%	0%
P37	Britador de Maxilas	Projeção de rocha	0%	0%	100%	0%	0%	P41	Quadro elétrico/fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	2,5%	97,5%	0%	0%
P39	Plataforma de acesso aos tapetes transportadores	Queda em altura	0%	27,5%	72,5%	0%	0%	P48	Quadro de eletricidade, fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	0%	100%	0%	0%
P41	Quadro elétrico/fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	2,5%	97,5%	0%	0%	P50	Pá carregadora/Camião	Colisão	0%	0%	70,0%	30,0%	0%
P48	Quadro de eletricidade, fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	25%	75%	0%	0%	Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P33 passa de consenso de nível Muito Elevado para consenso no nível Elevado; - O risco P36 passa de Não Consenso para Consenso no nível Elevado;							
P50	Pá carregadora/Camião	Colisão	0%	0%	70%	30%	0%								

Tabela 90: Riscos classificados como **Muito Elevado** (5 Bandas - processo de Desmonte)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P08 passa de consenso de nível Elevado para consenso no nível Muito Elevado.								P08	Camião	Explosão	0%	0%	5%	95%	0%

Tabela 91: Riscos classificados como **Muito Elevado** (5 Bandas - processo de Carga e Transporte)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -Os riscos P23 e P 26 passam de consenso de nível Elevado para consenso no nível Muito Elevado.								P23	Dumper/Camião	Capotamento	0%	0%	0%	90%	10%
								P26	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Queda em altura	0%	0%	30%	70%	0%

Tabela 92: Riscos classificados como **Muito Elevado** (5 Bandas - processo de Transformação)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P34	Material de desencravamento	Esmagamento	0%	0%	0%	100%	0%	P33	Britador de Maxilas	Queda no Britador	0%	0%	8%	93%	0%
P38	Cabine do trabalhador no Britador de Maxilas	Queda de estruturas com operador	0%	0%	25%	75%	0%	P34	Material de desencravamento	Esmagamento	0%	0%	0%	100%	0%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P33 passa de consenso de nível Elevado para consenso no nível Muito Elevado								P38	Cabine do trabalhador no Britador de Maxilas	Queda de estruturas com operador	0%	0%	0%	100%	0%

Tabela 93: Riscos classificados como **Extremo** (5 Bandas - processo de Desmonte)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P10	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Explosão	0%	0%	0%	5%	95%	P10	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Explosão	0%	0%	0%	5%	95%
P12	Explosivos/ Detonadores/Acessórios de Fogo	Explosão	0%	0%	5%	2,5%	92,5%	P12	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Explosão	0%	0%	5%	2,5%	92,5%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC, todos os riscos mantêm o mesmo nível.															

Tabela 94: Riscos classificados como **Sem Consenso** (5 Bandas - processo de Desmonte)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P03	Carro de perfuração	Esmagamento	50%	50%	0%	0%	0%	P03	Carro de perfuração	Esmagamento	50%	50%	0%	0%	0%
P04	Carro de perfuração	Queda a nível diferente	2,5%	42,5%	55%	0%	0%	P04	Carro de perfuração	Queda a nível diferente	2,5%	42,5%	55%	0%	0%
P16	Frente de desmonte	Soterramento	0%	42,5%	57,5%	0%	0%	P16	Frente de desmonte	Soterramento	0%	42,5%	57,5%	0%	0%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC nenhum dos riscos obteve consenso.															

Tabela 95: Riscos classificados como **Sem Consenso** (5 Bandas - processo de Carga e Transporte)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P21	Giratória	Queda em altura do equipamento com operador	40%	60%	0%	0%	0%	P30	Dumper/Camião	Queda do equipamento com operador	0%	0%	40%	60%	0%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P21 passa de consenso no nível Elevado para Não Consenso; -O risco P30 passa de consenso no nível Elevado para Não Consenso.															

Tabela 96: Riscos classificados como **Sem Consenso** (5 Bandas - processo de Transformação)

Nível de Risco								Nível de Risco Ponderado							
#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5	#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P45	Estrutura dos crivos	Queda em altura	0%	50%	50%	0%	0%	P36	Quadro elétrico/fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	0%	55%	45%	0%
P46	Fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	42,5%	57,5%	0%	0%	P43	Tapetes transportadores	Abrasão	0%	55%	45%	0%	0%
P47	Fragmentadores de eixo vertical/ maxilas	Queda em altura	0%	42,5%	57,5%	0%	0%	P45	Estrutura dos crivos	Queda em altura	0%	2,5%	47,5%	50%	0%
Após a ponderação do NR pelos critérios de PC: -O risco P36 passa de consenso no nível Elevado para Não Consenso; -O risco P43 passa de consenso no nível Médio para Não Consenso.								P46	Fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	0%	42,5%	57,5%	0%
								P47	Fragmentadores de eixo vertical/ maxilas	Queda em altura	0%	42,5%	57,5%	0%	0%

5.3.2 Priorização da Intervenção

Após a definição do Nível de Risco e o Nível de Risco Ponderado, agora com uma classificação em 5 níveis de priorização, é necessário passar à fase de priorização da intervenção, a qual é crucial para qualquer atividade de gestão do risco. Os critérios de ponderação da priorização foram os mesmos que quando se tratou do problema com 4 níveis, tendo-se alterado apenas os limites dos intervalos no sentido de atribuir um valor coerente aos limites das diferentes bandas. Os limites utilizados (Tabela 97) foram objeto de uma análise de sensibilidade prévia, no entanto poderão ser reclassificados à medida que se for ganhando experiência com a aplicação do Método através da acumulação de resultados.

Tabela 97: Nova tabela de Níveis de Priorização

	Risco (NR)
1 - Priorização Baixa	≤ 8
2 - Priorização Média	800 < índice de priorização ≤ 2 500
3 - Priorização Elevada	2 500 < índice de priorização ≤ 15 000
4 - Priorização Muito elevada	15 000 < índice de priorização ≤ 50 000
5- Situações Urgentes	≥50 000

Tal como para a solução de 4 níveis, foi dada prioridade às situações em que a resolução fosse mais fácil e de custo mais reduzido, no sentido de dar solução, o mais rapidamente possível, ao maior número de situações, excluindo os riscos que sejam considerados como críticos, os quais devem ter intervenção imediata, em particular como os que sejam avaliados com um Nível de Risco ou um Nível de Risco Ponderado Extremo.

Na Tabela 98 pode ser encontrado o resultado da aplicação dos critérios acima descritos. A vermelho-escuro estão assinaladas as situações classificadas como *urgentes*, a vermelho encontram-se assinaladas as situações consideradas pelos técnicos como de *Prioridade Muito Elevada*, a laranja as situações de *Prioridade Elevada*, a amarelo as situações de *Prioridade Média* e a verde as de *Prioridade Baixa*.

Ressaltam os riscos P08, P10 e P12 (vermelho escuro) como de resolução urgente, seguidos pelos riscos P05, P09, P13, P14, P15 e P25 (vermelho). É de realçar que os riscos de intervenção mais prioritária continuam a pertencer à operação de desmonte.

Na Figura 49 podem ser encontrados os riscos ordenados por prioridade e por nível de consenso. Com a aplicação dos critérios de priorização verifica-se que o número de riscos em que não houve consenso diminuiu em relação ao Nível de Risco (Figura 47) e ao Nível de Risco Ponderado (Figura 48).

Na Tabela 99 estão ordenados os riscos por ordem inversa de prioridade. Nas linhas estão assinalados os processos com a cor do respetivo *Nível de Priorização*. Na primeira coluna estão assinalados pelas respetivas cores o *Nível de Risco Ponderado* em que o risco estava classificado anteriormente à priorização.

Tabela 98: Determinação do Nível de Priorização (para 5 níveis de risco)

Risco Aplicador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	1707	8533	2560	6400	25600	1164	6400	61200	25600	93091	20480	81920	9600	7680	15360	1280	1280	1280	1067	1024	2560	1280	1536	25600	5120	5120	6400	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	6827	2048	160	24	640	5120	6400	3840	3840	48	7680	1365	2048	5120	2905
4	1707	8533	2560	12800	25600	2327	6400	61200	12800	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	2880	1067	512	2560	5120	1536	25600	20480	10240	6400	2560	1536	1280	1280	3072	5120	20480	6827	2048	160	48	320	5120	6400	3840	3840	96	7680	1365	2048	10240	5818	
5	853	8533	5120	12800	25600	2327	6400	61200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	2560	5120	1536	25600	20480	10240	6400	5120	1536	1280	1280	3072	5120	20480	3413	2048	80	48	320	5120	6400	3840	3840	96	7680	1365	2048	10240	2905	
6	1707	8533	5120	6400	25600	2327	6400	61200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	2880	2133	512	2560	5120	1536	25600	10240	10240	6400	5120	3072	1280	1280	3072	5120	20480	6827	2048	160	48	320	5120	6400	1920	3840	48	7680	1365	2048	5120	2905	
8	1707	8533	5120	6400	12800	1164	3200	61200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	7680	1280	1280	1280	1067	512	2560	6400	3072	51200	10240	10240	6400	5120	3072	640	1280	1280	3072	5120	20480	6827	4096	160	48	320	5120	6400	1920	3840	96	7680	1365	2048	5120	2905
9	1707	8533	922	12800	25600	5818	6400	61200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	1280	2560	1536	25600	20480	10240	6400	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	20480	3413	2048	160	24	120	5120	6400	1920	7680	48	7680	683	2048	5120	2905
10	1707	8533	2560	6400	25600	1164	6400	61200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	3072	1280	1280	1280	1067	1024	1280	5120	1536	25600	20480	5120	6400	2560	3072	640	1280	1280	3072	5120	20480	3413	4096	80	48	320	5120	6400	3840	7680	48	3840	683	1024	5120	5818
11	1707	8533	5120	12800	25600	2327	6400	61200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	3072	1280	1280	1280	2133	1024	12800	5120	1536	25600	20480	10240	6400	5120	1536	640	1280	1280	3072	5120	20480	6827	2048	160	48	320	5120	6400	3840	3840	96	7680	1365	2048	5120	2905
12	1707	8533	5120	12800	25600	2327	6400	61200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	2560	5120	1536	25600	20480	10240	6400	2560	1536	1280	1280	3072	5120	20480	6827	2048	160	48	320	5120	6400	3840	3840	96	7680	1365	2048	10240	5818	
13	1707	8533	922	6400	25600	1164	12800	61200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	6400	6400	1536	12800	20480	5120	6400	5120	3072	640	1280	1280	1536	5120	20480	6827	4096	80	48	320	5120	12800	3840	7680	48	7680	683	2048	5120	2905
14	1707	8533	5120	12800	25600	1164	12800	61200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	6400	6400	1280	1067	1024	2560	5120	1536	25600	20480	10240	12800	5120	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	6827	2048	160	48	320	5120	6400	3840	3840	96	7680	1365	2048	10240	5818
15	853	8533	5120	12800	25600	1164	6400	61200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	15360	6400	6400	1280	1067	1024	2560	5120	1536	12800	10240	10240	12800	5120	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	3413	2048	160	24	120	2560	12800	1920	3840	96	3840	1365	1024	10240	2905
16	853	8533	5120	6400	25600	1164	6400	61200	25600	93091	20480	81920	12000	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	2560	5120	1536	12800	10240	10240	6400	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	3413	4096	160	48	320	5120	6400	1920	3840	24	7680	1365	2048	5120	2905
17	1707	8533	922	6400	25600	1164	6400	61200	12800	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	512	2560	5120	1536	25600	20480	10240	12800	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	6827	2048	160	48	320	5120	12800	3840	7680	96	7680	1365	2048	5120	2905
18	1707	8533	461	12800	25600	2327	6400	61200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	15360	1280	1280	2560	1067	1024	2560	5120	1536	25600	10240	10240	6400	2560	1536	1280	1280	3072	5120	10240	3413	2048	80	48	320	5120	6400	1920	3840	48	7680	683	2048	5120	2905	
20	1707	8533	5120	12800	25600	2327	6400	61200	25600	93091	20480	81920	19200	7680	15360	1280	1280	1280	1067	1024	2560	5120	1536	51200	20480	10240	6400	2560	1536	1280	1280	3072	5120	10240	6827	4096	160	48	320	5120	12800	3840	7680	96	7680	1365	2048	5120	5818	
21	1707	8533	5120	12800	25600	1164	6400	61200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	2560	5120	1536	51200	20480	10240	12800	5120	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	3413	4096	160	48	320	2560	12800	1920	3840	96	3840	1365	2048	10240	5818
22	1707	8533	5120	12800	12800	1164	6400	61200	12800	93091	10240	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	1280	5120	3072	25800	20480	5120	12800	2560	1536	1280	1280	3072	5120	10240	3413	2048	80	48	320	2560	12800	1920	7680	48	3840	683	1024	5120	2905	
23	853	8533	1280	12800	12800	1164	6400	61200	4800	93091	10240	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	512	1280	5120	1536	12800	20480	5120	6400	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	3413	4096	160	24	320	2560	6400	1920	7680	48	3840	683	1024	5120	2905
24	1707	8533	2560	6400	25600	1164	6400	61200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	1280	5120	3072	25800	20480	5120	12800	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	6827	4096	160	48	320	5120	6400	1920	7680	48	7680	683	2048	5120	2905
25	1707	8533	5120	12800	25600	1164	6400	61200	25600	93091	20480	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	1024	2560	5120	1536	12800	20480	5120	6400	2560	3072	640	1280	1280	3072	5120	10240	3413	4096	160	24	320	2560	12800	1920	7680	48	3840	683	2048	5120	5818
26	853	8533	2560	6400	25600	1164	6400	61200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	533	1024	2560	1280	1536	51200	20480	5120	6400	5120	1536	640	1280	1280	3072	5120	10240	3413	4096	160	48	320	1280	6400	1920	3840	96	3840	1365	2048	10240	2905
27	1707	8533	2560	6400	25600	5818	3200	61200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	1067	512	2560	5120	1536	51200	10240	10240	6400	2560	3072	1280	1280	1280	3072	5120	10240	3413	4096	160	48	320	2560	6400	3840	3840	48	3840	683	1024	5120	2905
28	853	8533	2560	6400	25600	1164	6400	61200	12800	93091	10240	81920	9600	7680	15360	1280	1280	1280	2133	1024	1280	1280	1536	25600	10240	5120	6400	2560	1536	640	1280	1280	1536	5120	10240	6827	2048	80	24	120	5120	6400	3840	3840	48	7680	683	2048	5120	2905
29	853	8533	5120	12800	25600	1164	6400	61200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	15360	6400	6400	2560	1067	1024	1280	5120	1536	25600	20480	10240	12800	2560	1536	640	1280	1280	3072	5120	20480	6827	2048	160	48	320	5120	6400	1920	3840	96	7680	1365	2048	5120	2905
30	1707	8533	2560	6400	25600	1164	6400	61200	25600	93091	10240	81920	19200	15360	15360	1280	1280	1280	2133	1024	1280	2560	1536	25800	20480	5120	6400	2560	3072																					

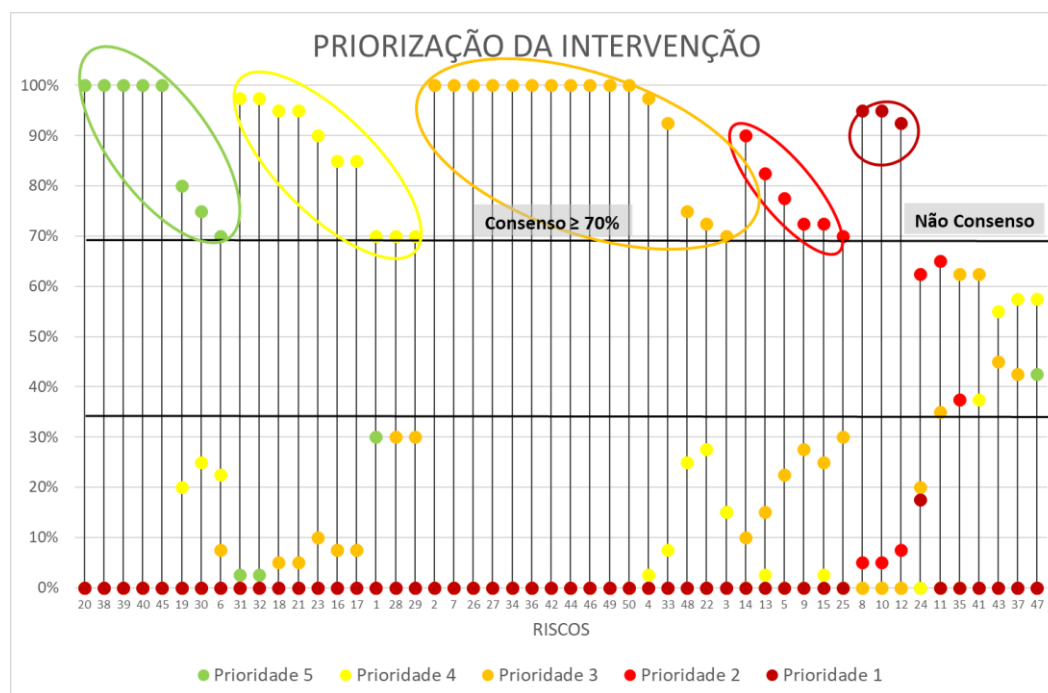


Figura 49: Riscos ordenados por Nível de Priorização. Os riscos com um Nível de Consenso superior a 70% encontram-se assinalados.

Tabela 99: Descrição dos perigos e dos riscos de acordo com o nível de priorização (5 Níveis).

#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
Desmonte							
P19	Vias de circulação	Queda ao mesmo nível	80%	20%	0%	0%	0%
Carga e Transporte							
P20	Lagoa	Queda na Lagoa	100%	0%	0%	0%	0%
P30	Dumper/Camião	Queda do equipamento com operador	75%	25%	0%	0%	0%
Transformação							
P38	Cabine do trabalhador no Britador de Maxilas	Queda de estruturas com operador	100%	0%	0%	0%	0%
P39	Plataforma de acesso aos tapetes transportadores	Queda em altura	100%	0%	0%	0%	0%
P40	Tapetes transportadores	Queda de Material	100%	0%	0%	0%	0%
P45	Estrutura dos crivos	Queda em altura	100%	0%	0%	0%	0%
Desmonte							
P01	Carro de perfuração	Projeção de partículas	30%	70%	0%	0%	0%
P06	Hastes	Abrasão	0%	93%	8%	0%	0%
P16	Frente de desmonte	Soterramento	8%	85%	8%	0%	0%
P17	Lagoa	Afogamento	8%	85%	8%	0%	0%
P18	Pica Pedra	Projeção de partículas	0%	80%	20%	0%	0%
Carga e Transporte							
P23	Dumper/Camião	Capotamento	0%	90%	10%	0%	0%
P29	Dumper/Camião	Queda em altura	0%	70%	30%	0%	0%
P31	Cabine do operador	Projeção de Material	3%	98%	0%	0%	0%
P32	Material	Queda na tolva	3%	98%	0%	0%	0%
Transformação							
P48	Quadro de eletricidade, fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	25%	75%	0%	0%	0%
Desmonte							
P02	Lagoa	Queda na lagoa	0%	0%	100%	0%	0%
P03	Carro de perfuração	Esmagamento	15%	15%	70%	0%	0%
P04	Carro de perfuração	Queda a nível diferente	0%	3%	98%	0%	0%
P07	Pavimento/Plataforma de trabalho	Queda ao mesmo nível	0%	0%	100%	0%	0%
Carga e Transporte							
P22	Giratória	Queda de Material	0%	15%	85%	0%	0%
P26	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Queda em altura	0%	0%	100%	0%	0%

#	Perigo	Risco	N1	N2	N3	N4	N5
P27	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Queda ao mesmo nível	0%	0%	100%	0%	0%
P28	Vias de circulação entre o local de carga e descarga na tolva	Colisão	0%	0%	100%	0%	0%
Transformação							
P33	Britador de Maxilas	Queda no Britador	0%	8%	93%	0%	0%
P34	Material de desencravamento	Esmagamento	0%	0%	100%	0%	0%
P36	Quadro elétrico/fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	0%	100%	0%	0%
P41	Quadro elétrico/fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	3%	98%	0%	0%
P42	Plataforma de apoio	Queda ao mesmo nível	0%	0%	100%	0%	0%
P44	Escada de acesso	Queda em Altura	0%	0%	100%	0%	0%
P46	Fios elétricos	Contacto com corrente elétrica	0%	0%	100%	0%	0%
P49	Fragmentadores de eixo vertical/ maxilas	Queda em Altura	0%	0%	100%	0%	0%
P50	Pá carregadora/Camião	Colisão	0%	0%	100%	0%	0%
Desmonte							
P05	Carro de perfuração	Queda de equipamento com operador	0%	0%	23%	78%	0%
P09	Camião	Queda em altura do equipamento com operador	0%	0%	28%	73%	0%
P13	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Queda de Material	0%	3%	15%	83%	0%
P14	Rocha	Projeção de rocha	0%	0%	10%	90%	0%
P15	Explosivo	Projeção de Partículas	0%	3%	25%	73%	0%
Carga e Transporte							
P25	Dumper/Camião	Despiste/Colisão	0%	0%	30%	70%	0%
Desmonte							
P08	Camião	Explosão	0%	0%	0%	5%	95%
P10	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Explosão	0%	0%	0%	5%	95%
P12	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Explosão	0%	0%	0%	8%	93%
Desmonte							
P11	Explosivos/Detonadores/Acessórios de Fogo	Corte	0%	0%	35%	65%	0%
Carga e Transporte							
P21	Giratória	Queda em altura do equipamento com operador	0%	38%	63%	0%	0%
P24	Dumper/Camião	Atropelamento	0%	0%	20%	63%	18%
Transformação							
P35	Escadas de acesso	Queda em altura	0%	0%	63%	38%	0%
P37	Britador de Maxilas	Projeção de rocha	0%	58%	43%	0%	0%
P43	Tapetes transportadores	Abrasão	0%	55%	45%	0%	0%
P47	Fragmentadores de eixo vertical/ maxilas	Queda em altura	43%	58%	0%	0%	0%

5.3.3 Teste dos Resultados

Coeficiente de Variação

Determinado o Coeficiente de Variação, verificou-se que, tal como para 4 níveis, 21 dos 50 riscos apresentam um coeficiente de variação abaixo dos 30% quer para o Nível de Risco quer para o Nível de Risco Ponderado (Tabela 100 e Tabela 101).

Para o Nível de Priorização, o número de riscos com um Coeficiente de Variação abaixo de 30% continuou a ser de 21 (embora não exatamente os mesmos riscos), tendo surgido 5 riscos com valores de Coeficiente de Variação superiores a 50% (Tabela 102).

Percentagem de Consenso

Das 50 avaliações efetuadas, para o Nível de Risco a percentagem de Consenso foi de 86%, para o Nível de Risco Ponderado de 84% e, para o Nível de Priorização de 86%.

Tabela 100: Desvio Padrão, Média, Variância e Coeficiente de Variação para cada Risco de acordo com o valor do **Nível de Risco**

	50	18,	52,0	344,6	36%
	49	7,4	20,8	55,1	36%
	48	7,0	28,0	49,2	25%
	47	8,0	25,2	64,2	32%
	46	12,	37,8	144,4	32%
	45	12,	35,7	158,7	35%
	44	6,0	16,8	35,4	35%
	43	6,0	17,4	36,6	35%
	42	3,6	10,2	13,1	35%
	41	16,	51,6	269,0	32%
	40	1,1	5,3	1,2	21%
	39	10,	41,4	117,8	26%
	38	17,	70,0	307,7	25%
	37	16,	45,6	256,7	35%
	36	16,	46,4	259,9	35%
	35	15,	44,0	246,2	36%
	34	0,0	80,0	0,0	0%
	33	6,4	46,2	41,0	14%
	32	1,6	19,8	2,5	8%
	31	8,8	25,0	76,9	35%
	30	15,	51,2	252,1	31%
	29	11,	31,2	124,1	36%
	28	14,	41,6	220,6	36%
	27	3,7	10,4	13,8	36%
	26	14,	54,4	220,6	27%
	25	15,	54,0	245,3	29%
	24	30,	68,8	921,6	44%
	23	19,	70,4	378,1	28%
	22	21,	48,0	459,5	45%
	21	4,0	12,8	15,8	31%
	20	3,5	14,0	12,3	25%
	19	4,2	11,9	17,5	35%
	18	5,2	14,6	27,0	36%
	17	5,2	14,6	27,0	36%
	16	12,	37,8	144,4	32%
	15	9,7	43,2	94,5	22%
	14	7,3	45,6	53,2	16%
	13	4,7	22,1	22,4	21%
	12	4,6	24,3	214,2	19%
	11	15,	52,8	238,9	29%
	10	28,	249,	798,2	11%
	9	16,	54,2	276,5	31%
	8	7,1	62,4	49,9	11%
	7	2,6	8,6	7,0	31%
	6	6,8	19,6	45,8	35%
	5	14,	56,4	209,9	26%
	4	8,6	24,5	74,0	35%
	3	5,0	11,3	24,5	44%
	2	0,0	16,0	0,0	0%
	1	3,7	13,6	13,8	27%
Desvio padrão					
Média					
Variância					
Coeficient e de variação					

Tabela 101: Desvio Padrão, Média, Variância e Coeficiente de Variação para cada Risco de acordo com o valor do **Nível de Risco Ponderado**

	50	16,9	47,3	284,8	36%
	49	5,9	16,6	35,3	36%
	48	14,0	56,0	196,9	25%
	47	10,7	33,6	114,1	32%
	46	24,0	75,6	577,5	32%
	45	25,2	71,4	634,7	35%
	44	4,8	13,4	22,7	35%
	43	12,1	34,8	146,2	35%
	42	7,2	20,4	52,3	35%
	41	16,4	51,6	269,0	32%
	40	2,2	10,5	4,9	21%
	39	10,9	41,4	117,8	26%
	38	35,1	140,	1230,	25%
	37	12,8	36,5	164,3	35%
	36	21,5	61,9	462,1	35%
	35	12,6	35,2	157,5	36%
	34	0,0	160,	0,0	0%
	33	12,8	92,4	163,9	14%
	32	3,2	39,5	10,0	8%
	31	8,8	25,0	76,9	35%
	30	31,8	102,	1008,	31%
	29	22,3	62,4	466,2	36%
	28	14,9	41,6	220,6	36%
	27	7,4	20,8	55,1	36%
	26	29,7	108,	882,2	27%
	25	12,5	43,2	157,0	29%
	24	30,4	68,8	921,6	44%
	23	38,9	140,	1512,	28%
	22	21,4	48,0	459,5	45%
	21	21,4	48,0	459,5	45%
	20	2,8	11,2	7,9	25%
	19	5,6	15,8	31,2	35%
	18	5,6	15,8	31,2	35%
	17	6,9	19,4	48,0	36%
	16	12,0	37,8	144,4	32%
	15	7,8	34,6	60,5	23%
	14	5,8	36,5	34,0	16%
	13	9,5	44,1	89,6	21%
	12	37,0	194,	1371,	19%
	11	12,4	42,2	152,9	29%
	10	25,7	226,	659,7	11%
	9	16,6	54,2	276,5	31%
	8	14,1	124,	199,5	11%
	7	5,3	17,2	28,1	31%
	6	6,2	17,8	37,8	35%
	5	14,5	56,4	209,9	26%
	4	8,6	24,5	74,0	35%
	3	4,0	9,0	15,7	44%
	2	0,0	21,3	0,0	0%
	1	5,0	18,1	24,5	27%
Desvio padrão					
Média					
Variância					
Coeficiente de variação					

Tabela 102: Desvio Padrão, Média, Variância e Coeficiente de Variação para cada Risco de acordo com o valor do **Nível de Priorização**

	50	1350,1	3781,8	1822759,1	36%
	49	2376,2	6656,0	5646178,5	36%
	48	449,1	1792,0	201649,2	25%
	47	341,8	1075,2	116807,2	32%
	46	1922,5	6046,0	365652,3	32%
	45	25,2	71,4	634,7	35%
	44	1905,2	5376,0	362986,2	35%
	43	967,4	2784,0	935778,5	35%
	42	2894,1	8160,0	837594,9	35%
	41	1312,0	4128,0	1721370,3	32%
	40	91,3	321,0	8827,2	28%
	39	10,9	41,4	117,8	26%
	38	35,1	140,0	1230,8	25%
	37	1025,3	2918,4	1051264,7	35%
	36	1719,7	4949,3	2957522,1	35%
	35	5020,6	14080,0	25206153,8	36%
	34	0,0	5120,0	0,0	0%
	33	409,7	2956,8	167873,0	14%
	32	101,2	1264,0	10240,0	8%
	31	101,2	1264,0	10240,0	8%
	30	280,7	800,0	78769,2	35%
	29	712,9	1996,8	508156,1	36%
	28	1188,1	3328,0	1411544,6	36%
	27	2970,2	8320,0	8822153,8	36%
	26	2376,2	8704,0	5646178,5	27%
	25	5012,2	17280,0	2512133,3	29%
	24	12143,	27520,0	14745600,0	44%
	23	466,7	1689,6	217781,2	28%
	22	1634,6	4352,0	2671652,3	38%
	21	1918,4	2432,0	3680098,5	79%
	20	224,5	896,0	50412,3	25%
	19	446,8	1266,7	199658,1	35%
	18	554,5	1552,0	307462,6	36%
	17	1184,5	1536,0	1403142,6	77%
	16	1184,5	1536,0	1403142,6	77%
	15	4484,2	12748,8	20108461,3	35%
	14	2333,4	14592,0	5444529,2	16%
	13	3786,9	17640,0	14340923,	21%
	12	14812,	77824,0	219394363,	19%
	11	4946,4	16896,0	24465773,	29%
	10	10273,	90763,6	105546429,	11%
	9	6651,0	21680,0	44235487,	31%
	8	5650,5	49920,0	31927794,	11%
	7	2118,9	6880,0	4469946,2	31%
	6	1263,4	1774,5	1596216,1	71%
	5	5795,0	22560,0	33581948,	26%
	4	3440,9	9800,0	11840000,	35%
	3	1816,3	3169,9	329843,2	57%
	2	0,0	8533,3	0,0	0%
	1	396,0	1450,7	156838,3	27%
Desvio padrão					
Média					
Variância					
Coeficiente de variação					

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Inicialmente, serão discutidos os resultados da aplicação da Metodologia Delphi que teve como principal objetivo a validação por consenso das matrizes de valoração, controlo e gestão do risco com recurso a um painel de especialistas.

A discussão dos resultados passará pela análise de cada matriz de valoração, controlo e gestão de risco de forma individual, para cada uma das 3 rondas realizadas.

Em seguida, e visando o principal objetivo definido no ponto 3.4: “Desenvolver um instrumento de avaliação de riscos, devidamente aferido para a indústria extrativa, que minimize a subjetividade nos critérios de avaliação”, serão discutidos os resultados da aplicação da Metodologia de Gestão do Risco em duas fases distintas. Numa primeira fase, a aplicação da metodologia considera as bandas de valoração do risco e de priorização da intervenção construídas por 4 níveis e numa segunda fase, considerando as bandas de valoração do risco e de priorização da intervenção constituídas por 5 níveis.

6.1 Metodologia Delphi

Relembra-se aqui que, com a aplicação da metodologia Delphi, pretendeu-se obter um contínuo entre os descritores dos parâmetros do método de avaliação e gestão do risco na IECA, sem que, no entanto, existissem sobreposições entre os diferentes descritores.

Parâmetro Gravidade

Na primeira ronda da Metodologia Delphi foram obtidas respostas de 37 especialistas que analisaram cada um dos parâmetros de controlo e gestão do risco apresentados.

A proposta inicial para o parâmetro “Gravidade” foi considerada adequada por 89% dos especialistas (Figura 25), atingindo-se dessa forma um consenso imediato entre o painel - >70% (Hsu & Sandford, 2007) (Vernon, 2009) (Gracht, 2012) (Diamond, et al., 2014) (Sourani & Sohail, 2015).

No entanto, foram sugeridas algumas alterações, inicialmente por parte de 22% dos especialistas (Tabela 43), principalmente nos níveis onde estavam considerados os aspetos que podem causar lesões graves com Incapacidade Temporária Absoluta (ITA). A proposta inicial não contemplava a distinção entre as ITA maiores ou menores a 30 dias, pelo que a proposta de alteração foi considerada pertinente e assim alterada.

O nível menos gravoso foi também substituído passando a considerar as situações que poderão causar incidente já que, inicialmente, não era contemplado.

Posteriormente, como resultado das questões 4 e 5 do questionário (Figura 27), 30% dos especialistas efetuaram novas propostas de alteração que, para além de incluírem as primeiras, contemplavam a distinção de lesões com incapacidade permanente e absoluta com os aspetos que podem causar a morte, discriminando os dois tipos de lesão (Tabela 44). A tabela inicial não efetuava essa distinção pelo que foi efetuada a alteração na nova tabela, proposta na 2ª ronda.

Assim, na 2ª ronda foram apresentadas a tabela inicial e duas tabelas com as sugestões de alteração propostas pelo painel (Tabela 34, Tabela 35, Tabela 36).

Verificou-se, no entanto, uma diminuição da percentagem de consenso em 30% (Figura 26, Figura 38), passando de 89% de consenso para 59%. Essa variação foi fruto das alterações efetuadas e propostas para discussão nas duas novas tabelas, o que fez com que os especialistas dispersassem a escolha entre três tabelas. Esse facto dificultou a escolha de qual a mais adequada, deste modo, considerou-se fulcral propor novamente as três tabelas do parâmetro para avaliação numa terceira ronda.

Após efetuada a 3ª ronda, a 2ª proposta de alteração (Tabela 36) foi a escolhida pelo painel de especialistas com 81% de consenso (Tabela 103), havendo assim um aumento da percentagem de consenso entre a 2ª e a 3ª ronda.

Tabela 103: Comparação entre a 2ª ronda e 3ª ronda

Tabelas parâmetro Gravidade	1ª Ronda	2ª Ronda	3ª Ronda
Tabela Inicial	89%	30%	14%
1ª Proposta de alteração		11%	5%
2ª Proposta de alteração		59%	81%
Propostas de alteração	11%	0%	0%
Total da Ronda	100%	100%	100%

Parâmetro Extensão do Impacte

Na primeira ronda, 81% dos especialistas considerou a descrição do parâmetro Extensão do Impacte adequada (Tabela 30), havendo consenso por parte do painel (Hsu & Sandford, 2007) (Vernon, 2009) (Gracht, 2012) (Diamond, et al., 2014) (Sourani & Sohail, 2015).

Da análise às propostas de alteração e/ou melhoria propostas por 19% dos especialistas, foi alterada a designação dos níveis de:

“Aspeto cuja extensão atinge “X” ou mais trabalhadores”

para

“Aspeto cuja extensão *pode* atingir “X” ou mais trabalhadores”.

Considerou-se que as mesmas iriam melhorar significativamente a descrição dos níveis, pelo que foi efetuada uma nova tabela que seria analisada na 2ª ronda (Tabela 38).

Outra proposta de alteração estava relacionada com a designação do Parâmetro, já que o termo “impacte” é tradicionalmente aplicado à área do ambiente. Foi sugerida a alteração do termo “impacte” por “consequência”. Apesar de pertinente a sugestão de alteração da designação, considerou-se que o termo “consequência” não estava adequado à descrição e objetivo do parâmetro uma vez que nesse parâmetro se pretende identificar o número de trabalhadores potencialmente expostos. Assim, decidiu-se não efetuar a alteração sugerida.

Na 2ª ronda, foi solicitado ao painel a escolha entre a tabela inicial e a nova tabela, onde constavam as alterações sugeridas, tendo 73% dos especialistas efetuado a escolha pela tabela com a proposta de alteração (Figura 39).

Apesar de a bibliografia consultada referir que é atingido o nível de consenso em percentagens acima de 70%, considerou-se fundamental tentar obter uma percentagem superior de forma a sustentar melhor a alteração.

Verificou-se que houve uma alteração significativa na percentagem de consenso entre a 2ª e a 3ª ronda, obtendo na 3ª ronda uma percentagem de consenso de 89% (Tabela 104).

Tabela 104: Comparação entre a 2ª e a 3ª ronda

Tabela parâmetro Extensão do Impacte	1ª Ronda	2ª Ronda	3ª Ronda
Tabela inicial	81%	27%	11%
Proposta de alteração	19%	73%	89%
Total da Ronda	100%	100%	100%

Parâmetro Frequência do Aspeto

A tabela inicial com a descrição do parâmetro (Tabela 31) foi colocada na 1ª ronda para avaliação da adequabilidade por parte do painel de especialistas, onde 76% a considerou adequada.

Quando questionados sobre se alterariam algum aspeto na descrição dos níveis, foram efetuadas sugestões de alteração por 26% dos especialistas (Tabela 47), consideradas como uma mais-valia para a descrição do parâmetro e, por isso, consideradas para avaliação na 2ª ronda.

A sugestão proposta por alguns dos especialistas de efetuar a descrição do parâmetro *Frequência do Aspeto* utilizando horas de trabalho não foi considerada, pelas características do próprio processo produtivo. Essa opção obrigaria a mais do que 5 níveis para incluir as situações descritas, uma vez que existem tarefas que ocorrem de forma pontual, várias vezes ao longo do dia, situações de emergência, outras tarefas que ocorrem ao longo do dia de forma não contínua e aspetos que ocorrem de forma contínua e diariamente.

Na 2ª ronda houve um decréscimo significativo da percentagem de consenso por parte do painel, com 68% dos especialistas a escolherem a proposta de alteração e 32% a tabela inicial (Tabela 105). Assim, e de forma a confirmar os resultados, foi efetuada uma 3ª ronda para a avaliação do parâmetro.

Tabela 105: Comparação entre a 2ª e 3ª ronda

Frequência do Aspeto	1ª Ronda	2ª Ronda	3ª Ronda
Tabela Inicial	76%	32%	11%
1ª Proposta de alteração		68%	89%
Proposta de alteração	24%	0%	0%
Total da Ronda	100%	100%	100%

Após a terceira ronda, 21% dos especialistas efetuaram a alteração na sua escolha na 2ª ronda, tendo assim a terceira ronda atingido o consenso com uma percentagem de 89%.

Desempenho dos sistemas de Prevenção e Controlo

Dos resultados da primeira ronda, 92% dos especialistas considerou adequada a descrição do parâmetro (Figura 33), havendo um consenso bem vincado entre o painel.

No entanto, 8% dos especialistas sugeriram algumas alterações (Tabela 50) consideradas importantes e que foram incluídas numa nova tabela para avaliação em 2ª ronda.

Das duas tabelas apresentadas, 70% dos especialistas escolheram a proposta de alteração (Tabela 106), havendo um decréscimo da percentagem de consenso de 20%, possivelmente originada pelo facto de as tabelas serem muito semelhantes.

Solicitou-se, assim, na terceira ronda, que os especialistas validassem a sua escolha por uma das tabelas.

Os resultados mostraram uma alteração de 8,4% por parte dos especialistas, tendo sido considerado que se atingiu o consenso (Tabela 106).

Tabela 106: Comparação entre a 2ª e 3ª ronda para PD

Media	1ª Ronda	2ª Ronda	3ª Ronda
Tabela Inicial	92%	30%	11%
Proposta de alteração	8%	70%	89%
Total da Ronda	100%	100%	100%

Critérios de Priorização da Intervenção

Solicitado na primeira ronda que o painel de especialistas se manifestasse quanto à adequabilidade da descrição do parâmetro definido na Tabela 33, 81% dos especialistas considerou adequado, tendo sido atingido o consenso entre o painel.

As sugestões de melhoria propostas por 19% dos especialistas, definidas na tabela 52, não foram consideradas para avaliação em 2ª ronda dado que o objetivo não era avaliar o custo específico das medidas, mas sim a priorização das mesmas face ao desempenho das medidas de prevenção e controlo existentes.

A alteração de troca na ordem dos termos “mais grave” e “menos grave” não era viável uma vez que não foi definida uma escala considerando essa terminologia, não sendo de igual modo o objetivo deste parâmetro.

A sugestão de reduzir os níveis e efetuar a divisão do tipo de medida por trabalhadores, processo/máquinas/equipamento e cultura de segurança não foi considerada pelos mesmos motivos. O objetivo principal deste parâmetro é o de analisar quais as situações, face ao cenário real existente, que necessitam de uma intervenção de complexidade técnica básica e de investimento baixo, ou de uma intervenção tecnicamente complexa e exigente do ponto de vista de investimento.

6.2 Gestão do Risco

Da pesquisa efetuada no ponto 2.2 verificou-se que existem inúmeras metodologias passíveis de serem utilizadas neste tipo de processo produtivo sem que, no entanto, exista uma especificamente dirigida para esse fim. Para além desse facto, a maioria das metodologias existentes são sujeitas a informações associadas a um elevado grau de incerteza e ambiguidade, o que se verifica, por exemplo, quando da comparação de diferentes metodologias para um mesmo caso (Castelo Branco & Baptista, 2011) (Carvalho & Melo, 2011) (Pinto, Nunes, Ribeiro, & Paschoarelli, 2012) (Bessa & Baptista, 2015).

Nesse contexto, tornou-se fundamental a validação de uma metodologia que permitisse garantir a reprodutibilidade dos resultados da própria avaliação.

A metodologia proposta, ao considerar a avaliação por processos como definido na NP EN ISO 9001:2015 e uma avaliação de acordo com os conceitos definidos na Norma ISO 31000:2018, que propõe a avaliação, o controlo e a gestão dos riscos em três fases distintas (ver ponto 4.1), possibilitou colmatar essas lacunas, dada a existência de um maior detalhe na identificação e caracterização dos processos e subprocessos, em termos operacionais e em diferentes fatores com potencial de dano para o trabalhador (ponto 4.3, ponto 4.4) (ver apêndices 1 e 2).

6.2.1 Gestão do Risco- 4 Níveis

Dos resultados obtidos no ponto 5.2, para a aplicação da metodologia considerando 4 níveis de risco, verificou-se que a maioria dos riscos avaliados (Tabela 58) foram enquadrados em risco médio ou risco elevado, considerando a determinação do risco inicial (sem a ponderação do parâmetro *Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo*).

Os riscos avaliados com nível Muito Elevado e Médio estão enquadrados em todos os processos inerentes à IECA (Tabela 62 a Tabela 69), mas de forma mais evidente nos processos de Desmonte, Carga e transporte e Britagem. Os principais riscos classificados nesses dois níveis foram:

- “Queda de equipamento com operador”;
- “Projeção de Partículas e Rocha”;
- “Despiste”;
- “Colisão”;
- “Queda em altura”;
- “Queda ao mesmo nível”;
- “Queda na tolva”;
- “Soterramento” ;
- “Esmagamento”;

Estes resultados, vão ao encontro com o definido por Donoghue, (2004), Deller et al., (2013) e Yarahmad et al., (2014) que afirmam que os trabalhadores de explorações estão mais frequentemente expostos a riscos no trabalho realizado nas frentes de desmonte, devido à instabilidade desses locais e a materiais soltos provenientes das pegadas de fogo, e com a condução de veículos nas bermas das frentes de desmonte ou, muitas vezes, em vias de circulação demasiado estreitas para a dimensão do equipamento.

Relacionados com equipamentos encontram-se os riscos de:

- “Colisão”;
- “Atropelamento”;
- “Esmagamento”;
- “Queda do equipamento com operador”.

Estas situações, são principalmente motivados por falhas de manutenção das vias de circulação, dimensão das mesmas (projeto) e circulação de equipamentos e pessoas, conforme já verificado por Donoghue, (2004) e Yarahmad et al., 2014.

Outro aspeto importante a considerar são os riscos relacionados com trabalhos de manutenção e/ou desencravamento do britador a que estão associados os riscos:

- “Queda do operador no britador”,
- “Esmagamento”;
- “Queda na tolva”;
- “Queda em altura e ao mesmo nível”;
- “Abrasão”.

Não é tão incomum um certo facilitismo na execução destas tarefas, muitas vezes com os equipamentos em funcionamento (OSHA, 2010).

Avaliados com o nível máximo (Risco Muito Elevado) encontram-se as tarefas relacionadas com o manuseamento de explosivos nas frentes de desmonte, que acarretam medidas de segurança mais apertadas dada a sua perigosidade, uma vez que um acidente deste tipo terá, seguramente, como consequência a morte (Tabela 65 a Tabela 69) (Aneziris, Papazoglou, & Kallianiotis, 2010).

As únicas situações definidas com Nível de risco Baixo prendem-se com o risco de “Queda ao mesmo nível” nas tarefas de perfuração e circuito entre o local de carga e a tolva, motivado pela falta de limpeza e manutenção das vias de circulação (Tabela 60, Tabela 61), conforme já referenciado por Dellerio & Kharim (2013).

O fator humano na avaliação de risco associado à percepção do especialista é um dos aspetos que possui maior influência neste tipo de avaliação, facilmente identificado na aplicação prática do parâmetro “Gravidade” e por isso existirá sempre uma certa ambiguidade na apreciação, contudo o mesmo pode ser minimizado com informação detalhada que descreva pormenorizadamente a tarefa analisada.

A concordância dos resultados é fortemente influenciada pelo risco *versus* consequência e pela imagem que caracteriza a situação, sendo fundamental, nestes casos, a recolha mais detalhada quanto possível de todos os aspetos fundamentais a este tipo de avaliação.

6.2.2 Gestão do Risco- 5 Níveis

Motivados pelos resultados obtidos na aplicação da metodologia, e com o objetivo de verificar o comportamento da avaliação ao aumentar a discriminação dos riscos, efetuou-se uma alteração da caracterização das bandas de risco, passando de 4 níveis para 5 níveis (ver ponto 5.3).

Verificou-se que a alteração de 4 para 5 níveis permitiu uma maior discriminação dos riscos, principalmente das situações avaliadas no limite entre dois níveis e uma maior consciencialização da gravidade do risco.

Definidos com o Nível de Risco Extremo, encontra-se o “Risco de Explosão” associado aos transportes de explosivos e à utilização de chama na tarefa de escorvamento. Verificou-se nestes dois casos, um agravamento do nível de risco aquando a transição de 4 para 5 níveis, reiterando assim a importância na avaliação e acompanhamento deste tipo de tarefas, devido à sua perigosidade (Donoghue A. , Occupational health hazards in mining: an overview, 2004) (Dellerio & Kharim, 2013) (Yarahmadi, Bagherpour, & Khademian, 2014).

Com Nível de Risco Muito Elevado foram avaliados o “Risco de Atropelamento”, motivado pela circulação de pessoas e equipamentos em simultâneo no processo de carga e transporte, e a “Queda em Altura”, associada à subida ao cimo da tolva. Nestes dois casos verificou-se, com a alteração para 5 níveis, um agravamento do nível de risco, o que foi considerado como relevante e ajustado face às características definidas.

Tal como obtido na avaliação com 4 níveis, a maioria dos riscos estão enquadrados no nível de Risco Elevado, mantendo-se a avaliação para os mesmos riscos na transição dos 4 para os 5 níveis, tendo este nível mantido os mesmos resultados.

O mesmo acontece para o nível de risco médio, em que com a transição de 4 para 5 níveis só se tornou evidente para o risco “Queda ao mesmo nível”, associado às vias de circulação com obstáculos e pavimento desnivelado no subprocesso de Desmonte.

No nível de Risco Baixo, encontram-se os mesmos riscos definidos para a classificação em 4 níveis.

Em suma, a transição de 4 para 5 níveis de risco veio aumentar a perceção da valoração do risco, conforme era esperado quando se colocou essa possibilidade.

Coefficiente de variação

Através da análise das Tabela 64, Tabela 65 e Tabela 66 (4 níveis) e Tabela 100, Tabela 101 e Tabela 102 (5 níveis) verificou-se que 21 dos 50 riscos avaliados apresentaram um Coeficiente de Variação abaixo dos 30%, o que leva a considerar a existência de garantia de qualidade das avaliações, de repetibilidade e reprodutibilidade das mesmas.

Os riscos que obtiveram a percentagem de variação acima referida, dizem respeito aos processos de Perfuração e Desmonte e estão relacionados com o posicionamento do carro de perfuração, com o transporte de explosivos até à frente de desmonte, ao escorvamento dos furos e rebentamento da pega de fogo.

É, no entanto, importante referir a limitação do método, uma vez que se trata de uma medida de avaliação relativa, influenciada pelo valor da média.

Percentagem de consenso- NR -4 Níveis

Dos 50 riscos avaliados, 37 obtiveram percentagens de consenso acima de 70%, dos quais 32% obtiveram 100% de concordância na definição do nível de risco (Figura 44 e Figura 45).

Tabela 107: Não consenso- Nível de Risco 4 níveis

Risco/Razões de não Consenso	P03-Esmagamento	P04-Queda a nível diferente	P16-soterramento	P21-Queda em altura com operador	P45-Queda em altura	P46-Contato com corrente elétrica	P47-Queda em altura
Má caracterização da situação					X		
Fotografia inadequada	X	X		X			X
Parâmetro Gravidade sobre avaliado	X						
Parâmetro Gravidade sub avaliado			X			X	
Parâmetro Extensão do impacte mal avaliado							

Efetuada uma análise aos 7 riscos que não obtiveram consenso por parte dos especialistas de uma forma individual, verificou-se, na sua maioria, que se tratou de discrepâncias na avaliação do parâmetro “Gravidade” (Tabela 20) por parte dos especialistas, ou de má caracterização da situação, ou da fotografia utilizada.

Risco P3: “Esmagamento” associado à Colocação e ajuste do bit de perfuração antes de se iniciar a perfuração da rocha: avaliado por 20 especialistas com a valoração mais grave (16) do parâmetro gravidade, 8 especialistas avaliaram com a segunda ponderação mais grave (8) e 7 especialistas com a ponderação de 4. A tarefa realiza-se com as mãos do operador e, geralmente, é um processo automático presente no carro de perfuração. O trabalhador muitas vezes só intervém para efetuar os ajustes necessários do bit. A análise dos resultados leva a considerar que a fotografia não espelha com boa definição a tarefa, gerando dúvidas aquando a sua avaliação.

Risco P4- “Queda a nível diferente”: presença de mais do que um operador dentro da cabine do carro de perfuração. A análise dos resultados leva a considerar que a fotografia não espelha com boa definição a tarefa, gerando dúvidas aquando a sua avaliação.

Risco P16- “Soterramento” na tarefa de preparação para a carga: avaliado por 23 especialistas com a valoração mais grave (16) do parâmetro Gravidade. Os restantes 17 especialistas avaliaram com a segunda ponderação mais grave (8). Verifica-se que, a ocorrer o acidente, o mais provável é a morte do trabalhador, pelo que se considerou que os 17 especialistas que efetuaram a avaliação com uma ponderação de “8” subavaliaram a situação.

Risco P21- “Queda em altura do equipamento com operador” na operação de carga de material da frente de desmonte: O não consenso verificado, muito provavelmente está relacionado com a fotografia, A análise dos resultados leva a considerar que a fotografia não espelha com boa definição a tarefa, gerando dúvidas aquando a sua avaliação.

Risco P45- “Queda em altura” em trabalhos de desencravamento do crivo, derivado à ausência de plataforma de apoio: A avaliação desta situação leva a considerar a hipótese de dúvidas por parte dos especialistas e enquadrar o tipo de lesões no parâmetro gravidade, já que 50% considera a gravidade como o fator mais grave (morte), ou o segundo mais grave.

Risco P46- “Contacto com corrente elétrica” na britagem associada a fios elétricos não protegidos e próximo de água: verificou-se que, ao avaliar a gravidade com um fator de ponderação de 8 (avaliado por 17 especialistas) existiram dúvidas por parte dos especialistas na avaliação da tarefa e nas possíveis consequências, levando a uma subestimação da gravidade.

Risco P47- “Queda em altura” na subida ao fragmentador: a percentagem de valoração parâmetro gravidade leva a considerar que a situação não foi bem interpretada pelos especialistas, criando dúvida aquando da avaliação, provavelmente por má escolha da fotografia que não torna muito perceptível o número de trabalhadores dentro da cabine.

Na transição de 4 para 5 níveis, verificou-se que não houve alterações nas percentagens de não consenso.

Nível de Risco Ponderado com Desempenho dos sistemas de Prevenção e Controlo

A aplicação da ponderação dada pelo parâmetro desempenho dos sistemas de prevenção e controlo (ponto4.7) (Tabela 25) veio confirmar o facto de permitir a avaliação das medidas existentes e assinalar, através do agravamento do nível de risco ponderado, as situações em que as medidas adotadas não são suficientes e os casos em que não existem medidas implementadas.

Verificou-se, assim, para o nível de risco composto por 4 níveis, um agravamento de um nível de risco face aos níveis de risco iniciais (Tabelas 60 a 69):

Risco P7: *“Queda ao mesmo nível” no subprocesso -Perfuração;*

Risco P27: *“Queda ao mesmo nível” no subprocesso -Circuito entre local de carga e a tolva;*

Risco P40: *“Queda de Material” no subprocesso-Transporte de material através dos tapetes transportadores;*

Risco P42: *“Queda ao mesmo nível” no subprocesso-Manutenção dos tapetes transportadores.*

Mantem-se no mesmo nível o risco n.º19: *“Queda ao mesmo nível”* associado às vias de circulação.

Passam do **Nível médio** para o **Nível elevado**, os riscos:

Risco P13: *“Queda de Material” na tarefa escorvamento do furo/carregamento;*

Risco P32: *“Queda na tolva” na Descarga na tolva;*

Risco P43: *“Abrasão” na manutenção dos tapetes transportadores;*

Risco n.º44: *“Queda” em Altura no subprocesso crivagem;*

Risco n.º48: *“Contacto com corrente elétrica” na fragmentação;*

Risco n.º49: *“Queda em Altura” na fragmentação;*

Mantêm-se no nível de **risco médio**:

Risco n.º17: *“Afogamento” na preparação da praça para a carga;*

Risco n.º18: *“Projeção de partículas” no Transporte entre a frente de desmonte tolva;*

Risco n.º20: *“Queda na Lagoa” no subprocesso Carga;*

Risco n.º31: *“Projeção de Material” na Descarga na tolva;*

Através das alterações descritas, verifica-se que a ponderação permite efetuar uma avaliação correta da situação real, agravando em 25% ou 50% os casos em que os sistemas de prevenção de controlo não existem ou são insuficientes, mantendo-se idêntica nos casos em que existem práticas de segurança funcionais e diminuir o nível de risco nos casos em que existe um sistema de prevenção e controlo devidamente funcional.

Essa alteração torna-se ainda mais evidente na transição da passagem dos 4 para os 5 níveis de risco, que enquadra o risco definido num nível de risco mais adequado à sua tipologia e resolvendo as situações ambíguas.

Percentagem de não consenso- 4 - Níveis

No que respeita à percentagem de consenso, verificou-se uma percentagem de 26% dos riscos que não obtiveram concordância por parte dos especialistas (Tabela 108).

Tabela 108: Percentagem de **não consenso**- 4 - Níveis

Risco/Razões de não Consenso	P03-Esmagamento	P04-Queda a nível diferente	P11-Corte	P16-soterramento	P30-Queda de equipamento com operador	P35-Queda em altura	P36-Contato com corrente elétrica	P37-Projeção de Rocha	P43-Abrasão	P44-Queda em Altura	P45-Queda em altura	P46-Contato com corrente elétrica	P47-Queda em altura
Má caracterização da situação			X							X	X		
Fotografia inadequada	X	X	X			X		X					X
Parâmetro Gravidade sobre avaliado	X												
Parâmetro Gravidade sub avaliado				X	X		X		X	X		X	
Parâmetro Extensão do impacte mal avaliado													

Os riscos que diferem da avaliação de não consenso no Nível de Risco são os seguintes:

Risco P11: “Corte” na utilização de material cortante para efetuar um corte no material explosivo: Verificou-se uma discrepância na valoração aplicada ao parâmetro “Gravidade”, onde 26 dos 40 especialistas avaliaram o risco com uma valoração de 4, enquanto ao restante 14, consideraram mais adequada uma ponderação de 2.

Estes resultados, levam-nos a considerar os dois tipos de valoração adequados, dadas as informações fornecidas na caracterização da situação. Uma forma de minimizar essa diferença, passa por um maior detalhe na caracterização da situação e por alteração da fotografia por outra que melhor represente a situação.

Risco P30: “Queda de equipamento com operador”, na tarefa de descarga na tolva. Verificou-se uma subavaliação do parâmetro gravidade por parte de 16 especialistas que consideraram como ponderação o segundo fator mais grave, no entanto, a acontecer o acidente, o mais provável é a morte do operador, o que nos leva a considerar que a valoração de 16 (a mais grave) é a correta.

Risco P 35: “Queda em altura” nas escadas de acesso e associadas ao piso escorregadio: verificou-se que 24 especialistas consideram a valoração do parâmetro gravidade com o valor 8, referente à segunda valoração mais gravosa e 15 especialistas com a valoração mais grave, 16, correspondente a “morte”.

Risco P36: “Contacto com corrente elétrica” associado ao ligar/desligar do quadro elétrico do britador: Da análise dos resultados concluímos que 18 dos 45 especialistas avaliaram o parâmetro gravidade com o fator mais grave de forma correta, tendo-se verificado que 22 dos especialistas subavaliaram o parâmetro.

Ao analisar a situação e a fotografia associada, verificou-se que a mesma não será a mais adequada em termos de perspetiva, podendo criar subjetividade na avaliação.

Risco P37: “*Projeção de Rocha*” na descarga do caminhão na tolva: Da análise dos resultados concluímos que 17 dos 45 especialistas avaliaram o parâmetro gravidade como o segundo fator mais grave (8). Os restantes 22 especialistas avaliaram com a ponderação mais grave. Na realidade, a fotografia escolhida não representa de forma correta a situação, já que não nos indica onde está a cabine do trabalhador e se há o risco de este ser afetado pela projeção de rocha.

Risco P43: “*Abrasão*” associado à manutenção dos tapetes transportadores sem utilização de equipamento de proteção individual, nomeadamente luvas: Verificou-se que, 22 dos 45 especialistas efetuaram a valoração do parâmetro gravidade com a ponderação de 4 e os restantes 18 especialistas com a segunda ponderação mais grave de 8, o que nos leva a concluir que o parâmetro foi subavaliado por parte dos 22 especialistas, provavelmente por má interpretação da situação.

Risco P44: “*Queda em altura*” derivado à subida de escadas para trabalhos de manutenção ou desencravamento dos crivos: verificou-se que, 24 dos 45 especialistas efetuaram a valoração do parâmetro gravidade com o fator 4, enquanto os restantes 16 com a segunda ponderação mais grave, 8. Da análise da situação e das condições demonstradas na fotografia, a valoração mais adequada seria a de ponderação 8.

Risco P45- “*Queda em altura*” em trabalhos de desencravamento do crivo, derivado à ausência de plataforma de apoio: A avaliação desta situação leva-nos a considerar a hipótese de dúvidas por parte dos especialistas e enquadrar o tipo de lesões no parâmetro gravidade, já que 50% dos especialistas considera a gravidade como o fator mais grave (morte) ou o segundo mais grave. A solução passará por uma melhor caracterização da situação.

Percentagem de não consenso – 5 níveis

Tal como verificado na transição de 4 para 5 níveis do risco inicial, após a passagem para os 5 níveis do risco ponderado com PD, verificou-se uma melhoria de 8 %, registando-se uma percentagem de não consenso de 18 %, como verificado para o cálculo do risco inicial (Tabela 94 a Tabela 96) (Tabela 109).

Tabela 109: Percentagem de não consenso – 5 níveis

Risco/Razões de não Consenso	P03- Esmagamento	P04- Queda a nível diferente	P16- soterramento	P30- Queda de equipamento com operador	P36- Contato com corrente elétrica	P43- Abrasão	P45- Queda em altura	P46- Contato com corrente elétrica	P47- Queda em altura
Má caracterização da situação							X		
Fotografia inadequada	X	X							X
Parâmetro Gravidade sobre avaliado	X								
Parâmetro Gravidade sub avaliado			X	X		X		X	
Parâmetro Extensão do impacte mal avaliado									

As alterações devem-se aos riscos P11, P35 e P37 que passaram de uma zona de não consenso para consenso no nível de Risco Elevado.

Crítérios de priorização da intervenção

O objetivo deste critério é o de fornecer um racional de gestão da melhoria visando aperfeiçoar as condições verificadas, dando prioridade a intervenções de complexidade técnica e custo mais baixo. Analisados os resultados das tabelas 73 e tabela 98, respetivamente para avaliação do Nível de priorização (Tabela 28) para os 4 e 5 níveis respetivamente, verificou-se uma melhoria generalizada nos níveis de priorização, havendo uma diminuição nos níveis avaliados anteriormente.

Após a aplicação deste critério, verificou-se que 52% dos riscos avaliados ficaram enquadrados no nível de Prioridade Baixo, 28% no nível de Prioridade Médio, 7% no nível de Prioridade Elevado e 4% no nível de Prioridade Muito Elevado. A percentagem de não consenso diminuiu dos 30% para os 8%.

A passagem de 4 para 5 níveis, permitiu o ajuste, tal como se verificou anteriormente nas situações que estavam situadas nos limites entre bandas de prioridade diferentes. Permitiu ainda que a avaliação fosse ajustada à realidade do nível de risco inicial, verificando-se que 16% dos riscos foram enquadrados no nível de Risco Baixo, 20% no nível de Risco Médio, 32% no Nível de Risco Elevado e 12% no Nível de Risco Muito Elevado.

No que respeita aos critérios de priorização, verificou-se que a maioria das situações podem melhorar significativamente com medidas de prevenção de baixo investimento e complexidade técnica básica ou reduzida, como se pode verificar nas Tabela 74 e Tabela 110.

Percentagem de não consenso – 4 níveis (Tabela 110)

Tabela 110: Percentagem de não consenso – 4 níveis

Risco/Razões de não Consenso	P03- Esmagamento	P36- Contato com corrente elétrica	PP41 e44-contato com corrente elétrica	P46- Contato com corrente elétrica
Má caracterização da situação			X	
Fotografia inadequada	X			
Parâmetro Gravidade sobre avaliado	X			
Parâmetro Gravidade sub avaliado		X		X
Parâmetro Extensão do impacte mal avaliado				

Risco n. °P44: “*Queda em altura*” derivado à subida de escadas para trabalhos de manutenção ou desencravar dos crivos: verificou-se que 24 dos 45 especialistas efetuaram a valoração do parâmetro gravidade com o fator 4, enquanto os restantes 16 com a segunda ponderação mais grave, 8.

Da análise da situação e das condições demonstradas na fotografia, a valoração mais adequada seria a de ponderação 8.

Percentagem de não consenso – 5 níveis

Neste caso em particular, verificou-se um agravamento de 4% na percentagem de não consenso na passagem de 4 níveis para 5 níveis (Tabela 99). Os Riscos que não obtiveram consenso, encontram-se representados na Tabela 111. Mesmo assim, verifica-se que a percentagem de não consenso é menor do

que verificado no cálculo do risco inicial e no risco ponderado com PD, havendo uma percentagem de não consenso de 14%.

Tabela 111: Percentagem de não consenso – 5níveis

Risco/Razões de não Consenso	P11-Corte	P21-Queda em altura com operador	P24-Atropelamento	P35-Queda em Altura	P37-Projeção de Rocha	P43-Abrasão	P47-Queda em altura
Má caracterização da situação	X						
Fotografia inadequada	X	X		X	X		x
Parâmetro Gravidade sobre avaliado							
Parâmetro Gravidade sub avaliado			X			X	
Parâmetro Extensão do impacte mal avaliado			x				

7 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

A exploração a céu aberto de entre todas as atividades que se incluem na indústria extrativa é, regulada em Portugal pela Lei n.º 3/2014 de 28 de janeiro, uma atividade de risco elevado em que, no desenvolvimento das respetivas atividades profissionais, os trabalhadores se encontram expostos a riscos que podem ter influência, quer na sua saúde, quer na sua integridade física. Como exemplo disso, encontram-se os trabalhos realizados com a utilização de explosivos, as tarefas realizadas ao ar livre, os níveis de ruído e vibrações elevados e os associados à movimentação de equipamentos pesados e pessoas em espaços de circulação comuns.

A utilização de métodos de base Matricial ou de Bandas de Controlo, está amplamente difundida e afirmada entre os técnicos de segurança, pela sua simplicidade e facilidade de implementação. No entanto, estas metodologias têm um problema de base que é o da falta de reprodutibilidade e de garantia de fiabilidade.

Para além desse facto, verificou-se que a maioria das metodologias de avaliação de risco existentes apresentam um objetivo muito específico e dirigido à resolução de um problema e não efetuam a integração entre as variáveis ocupacionais, e as do processo produtivo, principalmente na IECA (Castelo Branco & Baptista, 2011).

Nesse contexto, no presente trabalho procurou-se encontrar resposta à seguinte Hipótese:

Se os descritores dos parâmetros de um método matricial constituírem um contínuo com opções inequívocas e sem intervalos entre elas, é possível ultrapassar ou, pelo menos, minimizar a subjetividade do método e obter reprodutibilidade nos resultados.

Assim, o principal objetivo do presente doutoramento foi o de desenvolver um instrumento de avaliação de riscos, devidamente aferido para a indústria extrativa que minimizasse a subjetividade nos critérios de avaliação.

Como forma de o cumprir, foi efetuado num levantamento exaustivo na identificação dos processos e práticas inerentes à Indústria Extrativa a Céu Aberto (IECA), identificando os fatores com potencial de dano em termos de lesão para o corpo humano ou para a saúde dos trabalhadores. Foram ainda definidos os critérios de avaliação dos riscos, cumprindo assim os objetivos secundários definidos.

A aplicação da metodologia Delphi permitiu desenvolver um conjunto de descritores de parâmetros que obtiveram consenso por mais de 70% dos especialistas e que se adequam à realidade verificada IECA.

Dos resultados obtidos através da aplicação da metodologia desenvolvida, confirma-se a pertinência da investigação, uma vez que a maioria dos riscos avaliados foram enquadrados nos Níveis de Risco inicial Médio, Elevado, Muito Elevado e Extremo e estão enquadrados em todas as fases do processo produtivo. A título de exemplo destacam-se os seguintes riscos:

“Queda de equipamento com operador”; “Projeção de Partículas e Rocha”; “Despiste”; “Colisão”; “Queda em altura”; “Queda ao mesmo nível”; “Queda na tolva”; “Soterramento”; “Esmagamento”;

Estes resultados estão em linha com a bibliografia consultada, na qual se considera que são os mais frequentes nos trabalhos associados à IECA (Donoghue A. , 2004), (Dellero & Kharim, 2013), (Yarahmadi, Bagherpour, & Khademian, 2014) (Donoghue A. , 2004), (Dellero & Kharim, 2013) e (Yarahmadi, Bagherpour, & Khademian, 2014).

Relativamente aos riscos associados com os diferentes equipamentos utilizados, encontram-se os seguintes:

“Colisão”; “Atropelamento”; “Esmagamento”; “Queda do equipamento com operador”.

Dos 50 riscos avaliados, obteve-se um nível de consenso superior a 70%, por 86% dos especialistas. Os dois riscos avaliados com Nível de Risco Extremo (tarefas relacionadas com o manuseamento de explosivos nas frentes de desmonte), obtiveram uma percentagem de consenso na avaliação por parte de 95% dos especialistas.

Da aplicação das medidas de prevenção e controlo (PC), foi possível constatar um agravamento de alguns dos níveis de risco inicialmente atribuídos que se deveram a casos em que as medidas de prevenção eram inexistentes ou inadequadas. A aplicação dos critérios adotados permitiu aumentar o nível de atenção para situações de risco em que os sistemas de prevenção e controlo não existiam ou não eram operacionais.

Assim, entende-se que a metodologia adotada reduz a influência da subjetividade na avaliação pelos técnicos. Dos 50 riscos avaliados, obteve-se um nível de consenso superior a 70%, por 82% dos especialistas do painel para o Nível de Risco Ponderado.

O mesmo se verifica para o índice de priorização que obteve por parte de 86% dos especialistas uma percentagem de consenso acima de 70%. Concluiu-se ainda que a aplicação deste índice é uma mais-valia no processo de avaliação dos riscos, uma vez que permite priorizar as medidas a adotar por complexidade técnica e de investimento exigida e de acordo com as necessidades de implementação obtidas pelos resultados de PC.

Ressaltam os riscos P10 e P12 relacionados com o manuseamento de explosivos nos trabalhos de desmonte como os que devem ser solucionados em primeiro lugar, seguidos pelos riscos P5 (Queda de equipamento com operador nos trabalhos de perfuração), P8 (Explosão nos trabalhos de transporte de explosivos), P9 (Queda em altura de equipamento com operador no transporte de explosivos) e P24 (Atropelamento no circuito entre o local de carga e a tolva) (risco elevado). É de realçar que os riscos de intervenção mais prioritária correspondem à operação de desmonte. A exceção é o risco P24 que corresponde ao processo de Carga e transporte.

Com a utilização deste índice é dada prioridade às situações em que a resolução é mais fácil e de custo mais reduzido, no sentido de dar solução, o mais rapidamente possível, ao maior número de situações com o menor custo, dando menor prioridade às situações de maior complexidade técnica e de maior custo de implementação.

Conclui-se que a maioria das situações podem melhorar significativamente com medidas de prevenção de baixo investimento e complexidade técnica básica ou reduzida, como se pode verificar na Tabela 74 e na Tabela 110.

Verificou-se ainda que a especificidade e rigor com que são descritas todas as variáveis fundamentais à avaliação de risco, vai influenciar a forma como os mesmos serão avaliados à posteriori. Esta situação verificou-se nos casos em que não foi obtido consenso, uma vez que uma das razões para esse facto foi a utilização de fotografias que acabaram por não representar de forma da forma mais correta a situação descrita. Outro fator verificado foi relativo à descrição da situação em si, em que em alguns casos necessita de ser verificada e, eventualmente, alterada.

A decisão de substituir o parâmetro “Custo e complexidade técnica” pelo indicador de prioridade de intervenção tornou-se uma mais-valia já que fornece ao especialista uma visão dos riscos que merecem uma

intervenção imediata, por necessidade de intervenção, seccionando os que são facilmente resolúveis dos que têm uma complexidade técnica mais elevada e exigem recursos financeiros maiores.

Como principais contribuições deste estudo, destacam-se:

- O levantamento exaustivo das práticas e processos associados à IECA, dos perigos e respetivas situações de risco associadas;
- O desenvolvimento de uma metodologia aferida e específica para IECA, que considera as características e condicionantes do processo produtivo e onde a subjetividade dos critérios de avaliação foi minimizada. Permitiu ainda, a reprodutibilidade dos resultados obtidos.

Como principais limitações deste estudo, destacam-se:

- A verificação in loco após aferição e teste da metodologia em várias explorações a céu aberto, de forma a melhorar a ferramenta desenvolvida e englobar os processos produtivos das explorações de rocha ornamental e com processos de desmonte mecânico.

Perspetivas futuras

Atendendo às limitações apresentadas pensa-se ser pertinente dar continuidade a estudos de forma a avaliar a fiabilidade dos resultados obtidos nas avaliações de risco, nomeadamente:

- Aplicação da metodologia Delphi na Avaliação do Risco Ponderado após a aplicação dos Parâmetros de Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo e na Priorização da Intervenção, de forma a que a metodologia e avaliação de riscos efetuada, corresponda ao seu valor, em contexto real.
- A aplicação da metodologia em explorações a céu aberto com sub-processos produtivos distintos, de forma a potenciar a consolidação dos parâmetros e a valoração dos riscos.

Considera-se ainda que seria uma mais valia que na metodologia desenvolvida fossem integradas as potencialidades dos sistemas de informação geográfica, já que permitiriam identificar, nas explorações, os locais onde o risco é maior à medida que estas se desenvolvem e dar indicações sobre as prioridades das intervenções que importa introduzir no processo e qual o sentido dessas intervenções.

BIBLIOGRAFIA

- Abdaal, A., Jordan, G., & Szilassi, P. (2013). Testing Contamination Risk Assessment Methods for Mine Waste Sites. *Water, Air & Soil Pollution*, 224, 1416-1442. doi:10.1007/s11270-012-1416-x
- ACT. (2001). Guia para a preparação de uma avaliação dos riscos relativos ao uso de explosivos. ACT- Autoridade para as Condições do Trabalho. Obtido de [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/crc/PublicacoesElectronicas/Documents/Guia_para_a_preparacao_de_uma_avaliacao_dos_riscos_relativos_ao_uso_de_explosivos.pdf](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/crc/PublicacoesElectronicas/Documents/Guia_para_a_preparacao_de_uma_avaliacao_dos_riscos_relativos_ao_uso_de_explosivos.pdf)
- ACT. (2010). Listas de Verificação. Obtido em 30 de junho de 2012, de Autoridade para as Condições do Trabalho: [www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/ListasVerificacao/Paginas/default.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/ListasVerificacao/Paginas/default.aspx).
- ACT. (2015). Guia de segurança e saúde no trabalho para o setor agro-florestal. ACT- Autoridade para as condições de trabalho. doi:978-989-8076-89-2 (web pdf)
- ACT. (23 de 2 de 2018). Acidentes de Trabalho Mortais. Obtido de Autoridade para as condições do Trabalho: [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx)
- Adamu, C., Nganje, T., & Edet, A. (2015). Heavy metal contamination and health risk assessment associated with abandoned barite mines in Cross River State, southeastern Nigeria. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 3, 10-21.
- Aldewereld, H., Álvarez-Napagao, S., Dignum, F., & Vázquez-Salceda, J. (2010). Making norms concrete. *ACM Digital Library*.
- Aldien, Y., Marcotte, P., Rakheja, S., & Boileau, P. (2006). Influence of hand–arm posture on biodynamic response of the human hand–arm exposed to zh-axis vibration. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(1), 45-59. doi: 10.1016/j.ergon.2005.07.001
- Almeida, E. P., & Ferreira, M. L. (2008). Técnicas de Análise de Risco Aplicadas ao Planeamento e Programação de Projetos de Construção Civil. *Construção e Engenharia Civil*, 5 (3).
- Almeida, I., Eston, S., & Assunção, J. (2002). Characterization of Suspended Particulate Matter in Mining Areas in São Paulo, Brazil. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, 16(3), 171-179.
- Almeida, S. d., Albernaz, P., Zaia, P., Xavier, O., & Karazawa, E. (2000). História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 46(2), 143-158.
- Anawar, H. M. (2015). Sustainable rehabilitation of mining waste and acid mine drainage using geochemistry, mine type, mineralogy, texture, ore extraction and climate knowledge. *Journal of Environmental Management*, 158(1), 111-121. doi:doi:10.1016/j.jenvman.2015.04.045
- Andersson, A. S., Tysklind, M., & Fangmark, I. (2007). A method to relate chemical accident properties and expert judgements in order to derive useful information for the development of Environment-Accident Index. *Journal of Hazardous Materials*, 147(1-2), 524-533.
- Andrade, P. C., Luz, J. A., Campos, A. S., & Lima, H. M. (2015). Cumulative impact assessment on air quality from multiple open pit mines. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 1-10.
- Aneja, V. P., Isherwood, A., & Morgan, P. (2012). Characterization of particulate matter (PM10) related to surface coal-mining operations in Appalachia. *Atmospheric Environment*, 54, 496-501. doi:10.1016/j.atmosenv.2012.02.063
- Aneziris, O., Papazoglou, I., & Kallianiotis, D. (2010). Occupational risk of tunneling construction. *Safety Science*, 48(8), 964-972. doi:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.11.003
- Angulo, L. C., Huertas, J. I., & Restrepo, G. M. (2011). Caracterización de Partículas Suspendidas (PST) y Partículas Respirables (PM10) producidas en Áreas de Explotación Carbonífera a Cielo Abierto. *Información tecnológica*, 22(4), 23-34. doi:doi: 10.4067/S0718-07642011000400004
- Antunes, F. A., Baptista, J. S., & Diogo, M. T. (2010). Metodologia de avaliação integrada de riscos ambientais e ocupacionais. *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene*, (pp. 75-79). Guimarães.

- Antunes, F. J. (2009). MIARAO-Metodologia Integrada de Avaliação de Riscos Ambientais e Ocupacionais. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais. Porto: FEUP.
- Arezes, P., & Miguel, S. (janeiro de 2009). Ruído e Protecção individual auditiva. Ruído e Protecção individual auditiva. Campus de Azurém, Azurém: Universidade do Minho Escola de Engenharia.
- ASHRAE. (2007). Temperature & Temperament. ASHRAE Journal, 14-22. Obtido de American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers,
- Aslibekian, O., & Moles, R. (2004). Environmental Risk Assessment of Metals Contaminated Soils at Silvermines Abandoned Mine Site, Co Tipperary. Environmental Geochemistry and Health, 25, pp. 247-266.
- Astrom, C., Rehn, B., Lundstrom, R., Nilsson, T., Burstrom, L., & Sundelin, G. (2006). Hand-arm vibration syndrome (HAVS) and musculoskeletal symptoms in the neck and the upper limbs in professional drivers of terrain vehicles—A cross sectional study. Applied Ergonomics, 37(6), 793-799.
- Aven, T. (2008). A semi-quantitative approach to risk analysis, as an alternative to QRAs. Reliability Engineering & System Safety, 93(6), 790-797.
- Aven, T., & Rennb, O. (2009). On risk Defined as an event where the outcome is uncertain. Journal of Risk Research, 12(1), 1-11.
- Ayalew, L., & Yamagishi, H. (2005). The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda–Yahiko Mountains, Central Japan. Geomorphology, 65, 15-31. doi:10.1016/j.geomorph.2004.06.010
- Aye, S., & Heyns, P. (2011). The evaluation of whole-body vibration in a South African opencast mine. The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 111, 751-757.
- Azadeh-Fard, N., Schuh, A., Rashedi, E., & Camelio, J. A. (2015). Risk assessment of occupational injuries using Accident Severity Grade. Safety Science, 160-167. doi:10.1016/j.ssci.2015.03.002
- Azman, A., Yantek, D., & Alcorn, L. (2012). Evaluations of a noise control for roof bolting machines. Mining Engineering, 64-70.
- Badr, T., & Harion, J. (2005). Numerical modelling of flow over stockpiles: Implications on dust emission. Atmospheric Environment, 39, 5575-5584.
- Balbus, J., & Malina, C. (2009). Identifying vulnerable subpopulations for climate change health effects in the United States. Journal of Occupational Environment Medicine, 51(1), 33-37. doi:10.1097/JOM.0b013e318193e12e.
- Bang, K. M., Wood, J., White, J., Hendricks, S., & Weston, A. (2015). Silicosis Mortality trends and new exposures to respirable crystalline silica — United States, 2001–2010. Morbidity and mortality weekly report. Obtido em 10 de 10 de 2015, de Centers for Disease Control and Prevention: http://origin.glb.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6405a1.htm?s_cid=mm6405a1_w
- Bartzas, G., Komnitsas, K., & Paspaliaris, I. (2006). Laboratory evaluation of FeO barriers to treat acidic leachates. Minerals Engineering, 19 (5), 505-5014. doi: 10.1016/j.mineng.2005.09.032
- Bateira, C. V. (2001). Movimentos de Vertente no NW de Portugal, Suscetibilidade Geomorfológica e Sistemas de Informação Geográfica. Porto: FLUP.
- Bauer, E. R., & Babich, D. R. (2004). Administrative controls for reducing worker noise exposures. SME Annual Meeting, (pp. 4-9). Denver.
- Belloví, M. B., & Malagón, F. P. (1993). NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente. Obtido em 5 de janeiro de 2015, de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_330.pdf
- Bernardo, C., Matos, M., & Baptista, J. d. (2014). Patterns of Whole-body vibrations in open pit mining. Occupational Safety and Hygiene II – Arezes et al. (eds), 471-475.
- Bernardo, C., Matos, M., & Baptista, J. d. (2014). Whole Body Vibration in open pit mining - a short review. Occupational Safety and Hygiene II – Arezes et al. (eds), 459-464.

- Bessa, R., & Baptista, J. M. (2015). Comparing three risk analysis methods on the evaluation of a trench opening in an urban site. *Occupational Safety and Hygiene III*, 429-433.
- Beznazazoua, M., Bussière, B., Demers, I., Aubertin, M., Fried, É. & Blier, A. (2008). Integrated mine tailings management by combining environmental desulphurization and cemented paste backfill: Application to mine Doyon, Quebec, Canada. *Minerals Engineering*, 21(4), 330-340. doi:10.1016/j.mineng.2007.11.012
- Bizhe, W., & Hongguang, C. (26 de Julho de 2011). Regional environmental risk assessment and zoning based on matrix method. *International Conference on Multimedia Technology (ICMT)*, no, pp. 1644-1647.
- Bon, A. T. (2006). Exposição Ocupacional à Silica e Silicose entre Trabalhadores de Marmoraria no município de São Paulo. Tese de Doutorado, São Paulo.
- Boni, M., Costabile, S., Vivo, B. D., & Gasparrini, M. (24 de janeiro de 2000). Potential environmental hazard in the mining district of southern Sardinia (SWSardinia, Italy). *Journal of Geochemical Exploration*, Volume 67, pp. 417-430.
- Botelho, R. M. (2015). Avaliação de riscos pelos métodos MIAR, NTP330 e WTF, numa empresa de triagem de resíduos industriais. Dissertação de Mestrado, FEUP, DEM.
- Bovenzi, M., Rui, F., Negro, C., D'Agostin, F., Angotzi, G., Bianchi, S., Stacchini, N. (2006). An epidemiological study of low back pain in professional drivers. *Journal of Sound and Vibration*, 298(3), 514-539. doi:10.1016/j.jsv.2006.06.001
- Bratveit, M., Moen, B. E., Mashalla, Y. J., & Maalim, H. (2003). Dust Exposure during Small-scale Mining in Tanzania: A Pilot Study. *The Annals of Occupational Hygiene*, 47(3), 235-240. doi:10.1093/annhyg/meg027
- Buhaug, K., Moen, B. E., & Irgens, A. (2014). Upper limb disability in Norwegian workers with hand-arm vibration syndrome. *Journal of occupational Medicine and Toxicology*, 9(5), 1-7. Doi: 10.1186/1745-6673-9-5
- Burgess, M., & Foster, G. (2012). Overview of the occupational exposure limits for hand-arm and whole-body vibration. *Acoustics 2012* (pp. 1-5). Fremantle: Australian Acoustical Society.
- Burke, F., Lawson, I., Mcgeoch, K., Miles, J., & Proud, G. (2005). CARPAL TUNNEL SYNDROME IN ASSOCIATION WITH HAND-ARM VIBRATION SYNDROME: A REVIEW OF CLAIMANTS SEEKING COMPENSATION IN THE MINING INDUSTRY. *Journal of Hand Surgery*, 30(B), 199-203.
- Calking, D. C., Finney, M. F., Ager, A. A., Thompson, M. P., & Gebert, K. M. (2011). Progress towards and barriers to implementation of a risk framework for US federal wildland fire policy and decision-making. *Forest Policy and Economics*, 13, 378-389.
- Camargo, M. G., & Furlan, M. M. (2011). Resposta Fisiológica do Corpo às Temperaturas Elevadas: Exercício, Extremos de Temperatura e Doenças Térmicas. *Revista Saúde e Pesquisa*, 4(2), 278-288.
- Campos, A., Matos, M., Góis, J., Dinis, M., & Baptista, J. (2014). Dispersion of Quarry's Dust - pilot study. *Occupational Safety and Hygiene II* (pp. 271-276). Guimarães: Taylor and Francis. doi:ISBN 978-1-138-00144-2
- Canbulat, I., Hoelle, J., & Emery, J. (2013). Risk management in open cut coal mines. *International Journal of Mining Science and Technology*, 23(3), 369-374. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmst.2013.05.012
- Cann, A. P., Salmoni, A. W., Vi, P., & Eger, T. (2003). An Exploratory Study of Whole-Body Vibration Exposure and Dose While Operating Heavy Equipment in the Construction Industry. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 18, 999-1005. doi:10.1080/10473220390244658
- CAPRA. (2009). Capra-GIS. Obtido em 13 de novembro de 2012, de Central American Probabilistic Risk Assessment: <http://www.ecapra.org/capra-gis>
- Carneiro, F. C. (2011). Avaliação de riscos: Aplicação a um processo de construção. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Carvalho, F. C. (2013). Fiabilidade na Avaliação de Risco: Estudo comparativo de métodos semi-quantitativos de Avaliação de Risco em Contexto ocupacional. Lisboa: Universidade de Lisboa.

- Obtido de http://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/6444/1/Tese_DoutMotHum-Ergonomia_%5b09-12-2013%5d_FilipaCarvalho.pdf
- Carvalho, F. C., & Melo, R. B. (2015). Stability and reproducibility of semi-quantitative risk assessment methods within the occupational health and safety scope. *Work*, 51(3), 591-600. doi:10.3233/WOR-141878.
- Carvalho, F., & Melo, R. B. (2011). Avaliação de Riscos: Comparação entre vários Métodos de Avaliação de Risco de Natureza Semi-quantitativa. *Territorium* 18, pp. 43-54.
- Casal, J., Montiel, H., Planas, E., & Vilchez, J. A. (1999). Análisis del riesgo en instalaciones in industriales. UPC.
- Castelo Branco, J., & Baptista, J. M. (2011). Metodologias de Avaliação de Riscos na Indústria Extrativa: Estado da Arte. Proceedings do CLME'2011 / IIICEM - 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, 3º Congresso Moçambicano de Engenharia, publicação em CD-ROM com artigos completos, INEGI/FEUP.
- Caterpillar. (10 de 7 de 2015). Mining Safety Information. Obtido de Caterpillar Safety Services: <https://safety.cat.com/mining>
- Chadambuka, A., Mususa, F., & Muteti, S. (2013). Prevalence of noise induced hearing loss among employees at a mining industry in Zimbabwe. *African Health Sciences*, 13(4), 899-906. doi:10.4314/ahs.v13i4.6
- Chan, A., Wi, Y., Chan, D., & Wong, D. (2013). Using the Thermal Work Limit as an Environmental Determinant of Heat Stress for Construction Workers. *Journal of Management in Engineering*, 29(4), 414-423. Doi:10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000162
- Charou, E., Stefouli, D., Dimitrakopoulos, D., Vasiliou, E., & Mavrantza, D. O. (2010). Using Remote Sensing to Assess Impact of Mining Activities on Land and Water Resources. *Mine Water Environ*, 29(1), 45-52. doi:DOI 10.1007/s10230-010-0098-0
- Impact of Mining Activities on Land and Water Resources. *Mine Water Environment*, 29, pp. 45-52.
- Chaudhary, D. K., Bhattacharjee, A., Patra, A. K., & Chau, N. (2015). Whole-body Vibration Exposure of Drill Operators in Iron Ore Mines and Role of Machine-Related, Individual, and Rock-Related Factors. *Safety and Health at Work*, 1-11. doi:doi:10.1016/j.shaw.2015.06.004
- Chaulya, S. (2005). AIR QUALITY STATUS OF AN OPEN PIT MINING AREA IN INDIA. *Environmental Monitoring and Assessment*, 105, 369-389. DOI: 10.1007/s10661-005-4345-y
- Chilton, J., & Seiler, K. (2006). Groundwater occurrence and hydrogeological environments. Protecting groundwater for health: managing the quality of drinking-water sources, WHO, London.
- Choe, E., Meer, F. v., Ruitenbeek, F. v., Werff, H. V., Smeth, B., & Kim, K.-W. (2008). mapping of heavy metal pollution in stream sediments using combined geochemistry, field spectroscopy, and hyperspectral remote sensing: A case study of the Rodalquilar mining area, SE Spain. *Remote Sensing of Environment*, 112, pp. 3222-3233.
- Choi, Y., Park, H., & Sunwoo, C. (2008). Flood and gully erosion problems at the Pasir open pit coal mine, Indonesia: A case study of the hydrology using GIS. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 67, pp. 251-258.
- Chun, C., Kwok, A., & Tamura, A. (2004). Thermal comfort in transitional spaces—basic concepts: literature review and trial measurement. *Building and Environment*, 39(10), 1187-1192. doi:10.1016/j.buildenv.2004.02.003
- Cidu, R., & Biddau, R. (2009). Impact of past mining activity on the quality of groundwater in SW Sardinia (Italy). *Journal of Geochemical Exploration*, 100, pp. 125-132.
- Cinar, I., & Sensogut, C. (2013). Evaluation of Noise Measurements Performed in Mining Sites for Environmental Aspects. *Int. J. Environ. Res*, 7(2), 383-386.
- Clark, P. (2010). Contingency planning and strategies. ACM Digital Library.
- Clarke, K. C. (2010). Getting Started with Geographic Information Systems. Prentice Hall.

- Conesa, H. M., & Faz, Á. (2011). Metal Uptake by Spontaneous Vegetation in Acidic Mine Tailings from a Semiarid Area in South Spain: Implications for Revegetation and Land Management. *Water, Air, & Soil Pollution*, 215(1-4), 221-227. Doi: 10.1007/s11270-010-0471-4
- Cooper, A. H. (2008). The classification, recording, databasing and use of information about building damage caused by subsidence and landslides. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 41(3), 409-424.
- Cordeiro, R., Clemente, A. G., Diniz, C., & Dias, A. (2005). Exposição ao ruído ocupacional como fator de risco para acidentes do trabalho. *Revista de Saúde Pública*, 39(3), 461-466. doi:http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102005000300018
- Cox, L. J. (2008). What's wrong with risk matrices? *Risk Analysis*, 28(2), 497-512. doi:10.1111/j.1539-6924.2008.01030.x.
- CRAM. (2002). Guide d'evaluation des risques: Caisse Régionale d'Assurance Maladie de Pays de la Loire et les Services de Santé au Travail du Maine-et-Loire. de la Loire et les Services de Santé au Travail du Maine-et-Loire. Obtido de https://www.cdc.retraites.fr/IMG/pdf/guide_cram_pays_loire_1_-2.pdf
- Crozier, M., & Glade, T. (2005). Landslide hazard and risk: issues, concept and approach. *Landslide hazard and risk*, 824.
- Csavina, J., Field, J., Taylor, M. P., GAO, S., Landázuri, A., & Sáez, A. (2012). A Review on the Importance of Metals and Metalloids in Atmospheric Dust and Aerosol from Mining Operations. *Sci Total Environ*, 433(C), 58-73. doi:doi:10.1016/j.scitotenv.2012.06.013.
- Dadon, A., Peeters, A., Ben-Dor, E., & Karnieli, A. (2013). A Semi-automated GIS Model for Extracting Geological Structural Information from a Spaceborne Thematic Image. *GIScience & Remote Sensing*, 48(2), 264-279. doi:10.2747/1548-1603.48.2.264
- Dahmann, D., Taeger, D., Kappler, M., Buchte, S., Morfeld, P., Bruning, T., & Pesch, B. (2008). Assessment of exposure in epidemiological studies: the example of silica dust. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 18, 452-461.
- Dalkey, N., & Helmer, O. (1963). An experimental application of the Delphi Method to the use of experts. *Management Science*, 9(3), 458-468. doi: 10.1287/mnsc.9.3.458
- Degan, G. A., Lippiello, D., & Pinzari, M. (2012). Total Suspended Particulate from mobile sources in an Italian opencast quarry: A proposal to improve US EPA ISC3 model. *Advances in Safety, Reliability and Risk Management*, 387, 2984-2990.
- Dellero, H., & Kharim, E. (2013). Rockfall Hazard in an Olds Abandoned Aggregate Quarry in the City of Tétounan Morocco. *International Journal of Geosciences*, 4, 1128-1232.
- Demircigil, G. C., Coskun, E., Vidinli, N., Erbay, Y., Yilmaz, M., Cimrin, A., . . . Burgaz, S. (2010). Increased micronucleus frequencies in surrogate and target cells from workers exposed to crystalline silica-containing dust. *oxford Journals*, 25(2), 163-169.
- Dentoni, V., & Massacci, G. (2013). Occupational exposure to whole-body vibration:unfavourable effects due to the use of old earthmoving machinery in mine reclamation. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 27(2), 127-142. doi:10.1080/17480930.2012.672271
- DGEG. (23 de 2 de 2018). Estatísticas - Produção anual. Obtido de Direção geral de geologia e energia: <http://www.dgeg.gov.pt/>
- DGEG. (7 de Agosto de 2015). Estatísticas- Pedreiras-Produção Anual. Obtido em 5 de setembro de 2015, de Direção Geral de Energia e Geologia: <http://www.dgeg.pt/>
- DGEG. (Dezembro de 2017). Formação Estatística N.º19. Obtido de Direção Geral de Energia e Geologia: <file:///C:/Users/Jack/Downloads/i015584.pdf>
- Dhillon, B. S. (2009). Mining equipment safety: a review, analysis methods and improvement strategies. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 23(3), 168-179.
- Diamond, I. R., Grant, R. C., Feldman, B. M., Penchart, P. B., Ling, S. C., Moore, A. M., & Wales, P. W. (2014). Defining consensus: A systematic review recommends methodologic criteria for reporting of Delphi studies. *Journal of Clinical Epidemiology*, 67(4), 401-409. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2013.12.002>

- Dinis, M., & Fiúza, A. (2010). Using Monte-Carlo simulation for risk assessment: application to occupational exposure during remediation works. NMA'10 Proceedings of the 7th international conference on Numerical methods and applications, (pp. 60-67). Berlin. doi:ISBN: 978-3-642-18465-9
- Dong, D., Sun, W., Li, H., & Qian, Z. (2010). A decision support system for water inrush in coalmine based on BN (Bayesian network) and GIS. *Computer Engineering and Technology (ICCET)*, 6, pp. 172-175.
- Dong, J., Yang, Q., Sun, L., Zeng, Q., Liu, S., Pan, J., & Liu, X. (2011). Assessing the concentration and potential dietary risk of heavy metals in vegetables at a Pb/Zn mine site, China. *Environmental Earth Sciences*, 64(5), 1317-1321.
- Dong, R. G., Sinsel, E. W., Welcome, D. E., & Warren, C. (2015). Review and Evaluation of Hand–Arm Coordinate Systems for Measuring Vibration Exposure, Biodynamic Responses, and Hand Forces. *Safety and Health at Work*, 6(3), 159-173. doi:10.1016/j.shaw.2015.05.003
- Donoghue, A. (2001). The Design of hazard risk assessment matrices for raking occupational health risks and their application in mining and minerals processing. *Society of Occupational Medicine*, 5(2), pp. 118-123.
- Donoghue, A. M. (2004). Heat Illness in the U.S. Mining Industry. *AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE*, 45, 351-356.
- Donoghue, A. M. (2004). Occupational health hazards in mining: an overview. *Occupational Medicine*, 54, pp. 283-289. doi:10.1093/occmed/kqh072
- Donoghue, A., Sinclair, A., & Bates, G. (2000). Heat Exhaustion in a Deep, Underground, Metalliferous Mine. *Occupational Environmental Medicine*, 57, 165-174.
- Douglas, J. (2007). Physical vulnerability modelling in natural hazard risk assessment. *Nat. Hazards Earth Syst*, 7, 283-288. doi:doi:10.5194/nhess-7-283-2007
- Dowd, P. (2003). The Assessment And Analysis Of Financial, Technical And Environmental Risk In Mineral Resource Exploitation. *Earth and Environmental Science*, 80 Part III, pp. 187-211.
- Dunjó, J., Fthenakis, V., Vélchez, J. A., & Arnaldos, J. (2010). Hazard and operability (HAZOP) analysis. A literature review. 173(1-3), pp. 19-32.
- Dutta, P., & Chaki, R. (2012). A survey of data mining applications in water quality management. *Proceedings of the CUBE International Information Technology Conference*, (pp. 470-475). New York.
- Eger, T., Salmoni, A., Cann, A., & Jack, R. (2006). Whole-body vibration exposure experienced by mining equipment operators. *Occupational Ergonomics*, 6(3/4), 121-127.
- Eger, T., Stevenson, J., Boileau, P.-É., & Salmoni, A. (2008). Predictions of health risks associated with the operation of load-haul-dump mining vehicles: Part 1—Analysis of whole-body vibration exposure using ISO 2631-1 and ISO-2631-5 standards. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(9-10), 726-738. doi:doi:10.1016/j.ergon.2007.08.012
- Engdahl, B., & Tambs, K. (2010). Occupation and the risk of hearing impairment — results from the Nord-Trøndelag study on hearing loss. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 36(3), 250-257.
- Engel, J. R., & Kosala, K. (2007). SOURCES OF VIBROACOUSTIC HAZARDS IN OPEN-PIT MINES OF MINERAL RAWMATERIALS. *ARCHIVES OF ACOUSTICS*, 251-262.
- EPA. (17 de março de 2017). Particulate Matter (PM) Pollution. Obtido de United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>
- Ersoy, A., Yunsel, T. Y., & Atici, Ü. (Fevereiro de 2008). Geostatistical conditional simulation for the assessment of contaminated land by abandoned heavy metal mining. *Environmental Toxicology*, 23, pp. 96-109.
- Ersoy, M. (2013). The role of occupational safety measures on reducing accidents in marble quarries of Iscehisar region. *Safety Science*, 57, 293-302. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2013.03.005

- Escarré, J., Lefèbvre, C., Raboyeau, S., Dossantos, A., Gruber, W., Marel, J. C., Collin, C. (2011). Heavy Metal Concentration Survey in Soils and Plants of the Les Malines Mining District (Southern France): Implications for Soil Restoration. *Water, Air, & Soil Pollution*, 216(4), 485-504. Doi:10.1007/s11270-010-0547-1
- Farshad, A., Montazer, S., Monazzam, R., Eyvazloy, M., & Mirkazemi, R. (2014). Heat Stress Level among Construction Workers. *Iranian Journal of Public Health*, 43(4), 492-498.
- Feizizadeh, B., & Blaschke, T. (2012). Comparing GIS-Multicriteria Decision Analysis for landslide susceptibility mapping for the lake basin, Iran. *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 2012 (pp. 5390-5393). Munich: IEEE international. doi:10.1109/IGARSS.2012.6352388
- Feizizadeh, B., & Blaschke, T. (2012). GIS-multicriteria decision analysis for landslide susceptibility mapping: comparing three methods for the Urmia lake basin, Iran. *Natural Hazards*, 2105-2128. doi:10.1007/s11069-012-0463-3
- Feng, G., Aliwan, D., Aliwan, M., Fengshou, G., & Ball, A. (2013). Investigation of Wireless Protocols for Remote Condition Monitoring. *Proceedings of Computing and Engineering Annual Researchers'*, (pp. 19-24). Huddersfield,.
- Feng-jun, L., & Ji-dong, Z. (2010). The prediction and forecast of coal floor water-inrush based on GIS: A case study on the I-1 mining district in the 5# coal mine in Pingdingshan area. *Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT)*, 2, pp. 663-666.
- Ferreira, C. C. (2012). Avaliação de riscos na reparação de moldes para vidro de embalagem. Porto: FEUP.
- Ferreira, C., & Baptista, J. S. (2013). The risk in choosing the method of Risk Assessment. *Occupational Safety and Hygiene*, 1(1), 138-139.
- Filipova, B., & Hajovsky, R. (s.d.). Using MATLAB for modeling of thermal processes in a mining dump. (p. 9th IASME/WSEAS International Conference on Heat Transfer). *Thermal Engineering and Environment*. 2011.
- Fine, W., & Kinney, W. (1971). Mathematical evaluation for controlling hazards. *Journal of Safety Research*, 4, 157-166.
- Flouvat, F., Selmaoui-Folcher, N., Gay, D., Rouet, I., & Grison, C. (2010). Constrained collocation mining: application to soil erosion characterization. *ACM Symposium on Applied Computing*, (pp. 1054-1059). New York.
- Freire, M. M., Alonso, M., Rivera, A., Sousa, A., Soto, A., Gómez-Sousa, J., Sopena, B. (2015). Clinical peculiarities of patients with scleroderma exposed to silica: A Systematic review of the literature. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 1-7.
- Frimpong, S., Galecki, G., & Chang, Z. (2011). Dump truck operator vibration control in high-impact shovel loading operations. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 25(3), 213-225. doi:10.1080/17480930.2011.595090
- Futatsuka, M., Shono, M., Sakakibara, H., & Quoc, Q. P. (2005). Hand arm vibration syndrome among quarry workers in Vietnam. *Journal of Occupational Health*, 47(2), 165-170.
- Gad, S., & Kusky, T. (2006). Lithological mapping in the Eastern Desert of Egypt, the Barramiya area, using Landsat thematic mapper (TM). *Journal of African Earth Sciences*, 44, 196-202.
- GEP. (9 de Março de 2015). Acidentes de Trabalho. Obtido de Gabinete de Estratégia e Planeamento: <http://www.gep.msess.gov.pt/estatistica/acidentes/at2015sint.pdf>
- Ghose, M. K., & Majee, S. (2007). Characteristic of Hazardous Airborne Dust Around an Indian Surface Coal Mining Area. *Environ Monit Assess*, 130, 17-25. doi:DOI 10.1007/s10661-006-9448-6
- Gilson, L. R., Mantovani, L. E., Duarte, U., & Lopes, K. (2005). Estudo comparativo entre as poeiras respiráveis de basalto e gnaiss na produção de brita nas regiões de Londrina e Curitiba, no estado do Paraná, e sua influência para os trabalhadores. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, 30(112), 37-47. doi:http://dx.doi.org/10.1590/S0303-76572005000200005
- Gomes, C., Delacourt, C., Allemand, P., Ledru, P., & Wackerle, R. (2005). Using ASTER remote sensing data set for geological mapping, in Namibia. *Physics and Chemistry of the Earth*, 30(1-3), 97-108.

- Gracht, H. A. (2012). Consensus measurement in Delphi studies: Review and implications for future quality assurance,. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(8), 1525-1536. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.04.013>.
- Groves, W., Kecojevic, V., & Komljenovic, D. (2007). Analysis of fatalities and injuries involving mining equipment. *Journal of Safety Research*, pp. 461-470.
- Gruiz, K., Vaszita, E., Siki, Z., & Feigl, V. (2007). Environmental Risk Management of an Abandoned Mining Site in Hungary. (A. Schippers, W. Sand, F. Glombitza, & S. Willscher, Edits.) *Advanced Materials Research*, 20, pp. 221-225.
- Guedes, J., Baptista, J. M., & Diogo, M. T. (2011). Factores Condicionantes da Tolerância ao Calor. *International Sumposion on Occupational Safety and Hygiene*, (pp. 300-304). Guimarães.
- Guerrero, J., Gutiérrez, F., & Lucha, P. (2004). Paleosubsidence and active subsidence due to evaporite dissolution in the Zaragoza area (Huerva River valley, NE Spain): processes, spatial distribution and protection measures for transport routes. *Engineering Geology*, 72, 309-329.
- Guimarães, H. (2016). Avaliação do Risco de Exposição a agentes Biológicos: Reprodutibilidade dos Métodos DGS, NTP 833 E MIAR (BIO) EM MATADOUROS. Dissertação de Mestrado, FEUP, DEM.
- Gurcanli, G. E., & Mungen, U. (2009). An occupational safety risk analysis method at construction sites using fuzzy sets. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(2), 371-387.
- Gyozo, J., & Szucs, A. (2011). Geochemical Landscape Analysis: Development and Application to the Risk Assessment of Acid Mine Drainage. A Case Study in Central Sweden. *Landscape Research*, 36, 231-261.
- Hallowell, M., & Gambatese, J. (2010). Qualitative research: Application of the Delphi method to CEM research. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(1), 99-107.
- Harp, R. D., & Velimir, V. V. (2013). Contaminant remediation decision analysis using information gap theory. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27(1), 159-168. doi:10.1007/s00477-012-0573-1
- Hassi, J., Gardner, L., Hendricks, S., & Bell, J. (2000). Occupational Injuries in the Mining Industry and Their Association With Statewide Cold Ambient Temperatures in the USA. *American Journal of Industrial Medicine*, 38, 49-58.
- Heaver, C., Goonetilleke, K., Fergurson, H., & Shiralkar, S. (2011). Hand-arm vibration syndrome: a common occupational hazard in industrialized countries. *The Journal of Hand Surgery*, 36E(5), 354-363.
- Heidari, H., Golbabaie, F., Shamsipour, A., Forushani, A. R., & Gaeini, A. (2015). Outdoor occupational environment and heat stress in IRAN. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 13(48), 2-8. doi:10.1186/s40201-015-0199-6
- Hejmanowski, R., & Malinowska, A. (2009). Evaluation of reliability of subsidence prediction based on spatial statistical analysis. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 46(2), 432-438.
- Hong, E. S., Lee, I., Shin, H. S., Nam, S., & Kong, J. (2009). Quantitative risk evaluation based on event tree analysis technique: application to the design of shield TBM. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 3, 269-277.
- Hong, O., Kerr, M., Poling, G., & Dhar, S. (2013). Understanding and preventing noise-induced hearing loss. *Disease-a-Month*, 59(4), 110-118.
- Hoppe, P. (2002). Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, 34(6), 661-665. doi:10.1016/S0378-7788(02)00017-8
- Howard, B., Sesek, R., & Bloswick, D. (2009). Typical whole body vibration exposure magnitudes encountered in the open pit mining industry. *Work*, 34(3), 297-303.
- HSE. (2005). Human Factors. Obtido em 1 de Junho de 2012, de Health and Safety Executive: <http://www.hse.gov.uk/humanfactors/toolkit.htm>

- HSE. (2009). Control of exposure to silica dust in potteries. Obtido em 29 de setembro de 2015, de Health and Safety Executive: <http://www.hse.gov.uk/pubns/withdrawn/ceis2.htm>
- HSE. (2012). Target Zero. Obtido em 4 de Dezembro de 2012, de Health and Safety Executive: <http://www.hse.gov.uk/quarries/hardtarget/index.htm>
- Hsu, C.-C., & Sandford, B. A. (2007). The Delphi Technique: Practical Assessment, Research & Evaluation, 12(10), 1-8. doi:ISSN 1531-7714
- Huertas, J. I., Huertas, M. E., Izquierdo, S., & González, E. (2012). Air quality impact assessment of multiple open pit coal mines in northern Colombia. *Journal of Environmental Management*, 93(1), 121-129.
- Huertas, J., Huertas, M., Cervantes, G., & Díaz, J. (2014). Assessment of the natural sources of particulate matter on the opencast mines air quality. *Science of the Total Environment*, 1047-1055.
- Hunt, A. P., Parker, A. W., & Stewart, I. B. (2014). Heat Strain and Hydration Status of Surface Mine Blast Crew Workers. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, 56(4), 409-414. doi:10.1097/JOM.0000000000000114
- Im, S., Hurlebaus, S., & Kang, Y. (2013). Summary Review of GPS Technology for Structural Health Monitoring. *Journal of Structural Engineering*, 139, 1653-1664.
- IMA. (17 de março de 2017). Occupational Exposure Limits – Respirable dust – FULL TABLE. Obtido de Industrial Minerals Europe: <https://www.ima-europe.eu/content/occupational-exposure-limits-%E2%80%93-respirable-dust-%E2%80%93-full-table>
- INRS. (2002). Evaluation des risques professionnels. Obtido em 30 de Junho de 2012, de Institut national de recherche et de sécurité: http://www.inrs.fr/htm/evaluation_des_risques_professionnels.html.
- Ismail, A. F., Daud, A., Ismail, Z., & Abdullah, B. (2013). Noise-Induced Hearing Loss Among Quarry Workers in a North-Eastern State of Malaysia: A Study on Knowledge, Attitude and Practice. *Oman Medical Journal*, 28(5), 331-336. doi:10.5001/omj.2013.96
- Jain, S., Baruah, B., & Khare, P. (2014). Kinetic leaching of high sulphur mine rejects amended with biochar: Buffering implication. *Ecological Engineering*, 71, 703-709.
- Jasmin, I., & Mallikarjuna, P. (2011). Review: satellite-based remote sensing and geographic information systems and their application in the assessment of groundwater potential, with particular reference to India. *Hydrogeology Journal*, 19, pp. 729-740.
- Jendritzky, G., Dear, R. D., & Havenith, G. (2012). UTCI—Why another thermal index? *International Journal of Biometeorology*, 56(3), 421-428.
- Ji, C.-d., Xu, A.-g., Yu, X.-w., & Zhao, L.-l. (2008). Research of 3S technology applied in land reclamation of minefield. *Journal of Coal Science and Engineering*, 14, pp. 659-662.
- Jian, C., & Mingming, S. (2010). GIS modeling with deep pit monitoring data and Corresponding Decision-making Support. *Computer Science and Information Technology (ICCSIT)*, 5, pp. 606-609.
- Jiang, J., Wang, P., Lung, W.-s., Guo, L., & Li, M. (2012). A GIS-based generic real-time risk assessment framework and decision tools for chemical spills in the river basin. *Journal of Hazardous Materials*, 227-228, 280-291. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.05.051>
- Jones, T., Blackmore, P., Leach, M., Bérubé, K., Sexton, K., & Richards, R. (2002). Characterization of Airborne Particles Collected Within and Proximal To an Opencast Coalmine: South Wales, UK. *Environmental Monitoring and Assessment*, 75, 293-312.
- Jordan, G., & Abdaal, A. (2013). Decision support methods for the environmental assessment of contamination at mining sites. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(0), 7809-7832.
- Joy, J. (2004). Occupational safety risk management in Australian mining. *Occupational Medicine*, 54, 311-315. doi:10.1093/occmed/kqh074
- Jussila, K., Rissanen, S., Manttari, S., Oksa, J., & Rintamäki, H. (2015). Occupational, environmental and individual factors affecting the selection of winter clothing by open-pit miners in Barents region - a

- questionnaire and field study. *Extreme Physiology & Medicine*, 4(1), 1-2. doi:10.1186/2046-7648-4-S1-A135
- Ke-Chang, G., Peng, C., Fang-qiang, W., Yong, L., & Qiu-ying, Z. (2005). GIS-based assessment of landslide hazards of Wanzhou in Three Gorges region. *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 7, pp. 5227-5230. doi:10.1109 / IGARSS.2005.1526863
- Kemper, T., & Sommer, S. (2004). Proceedings of SPIE - Use of airborne hyperspectral data to estimate residual heavy metal contamination and acidification potential in the Guadiamar flood plain Andalusia, Spain after the Aznacollar mining accident. *The International Society for Optical Engineering*, pp. 224-234.
- Kenny, N. A., Warland, J. S., Brown, R. D., & Gillespie, T. G. (2009). Part A: Assessing the performance of the COMFA outdoor thermal comfort model on subjects performing physical activity. *Int J Biometeorol*, 53, 415-428. doi:10.1007/s00484-009-0226-3
- Kenzap, A. S., & Kazakidis, V. N. (2013). Operating risk assessment for underground metal mining systems: overview and discussion. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 4(3), 175-200.
- Kerolli-Mustafa, M., Fajkovic, H., Roncevic, S., & Curkovic, L. (2015). Assessment of metal risks from different depths of jarosite tailing waste of Trepça Zinc Industry, Kosovo based on BCR procedure. *Journal of Geochemical Exploration*, 148, 161-168. doi:doi:10.1016/j.gexplo.2014.09.001
- Kim, K.-H., Kabir, E., & Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, 74, 136-143. doi:https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.005
- Kittusamy, N., & Buchholz, B. (2004). Whole-body vibration and postural stress among operators of construction equipment: A literature review. *Journal of Safety Research*, 35(3), 255-261. doi:doi:10.1016/j.jsr.2004.03.014
- Knopff, K., Knopff, A. A., Warren, M., & Boyce, M. (2009). Evaluating Global Positioning System Telemetry Techniques for Estimating Cougar Predation Parameters. *Journal of Wildlife Management*, 73(4), 586-597.
- Kolar, Ç., Doyuran, V., & Ayday, M. S. (2006). Preparation of a geotechnical microzonation model using Geographical Information Systems based on Multicriteria Decision Analysis. *Engineering Geology*, 87, 241-255.
- Komljenovic, D., Groves, A. G., & Kecojevic, V. (2008). Injuries in U.S. mining operations – A preliminary risk analysis. *Safety Science*, 46, pp. 792-801.
- Komnitsas, K., & Modis, K. (2009). Geostatistical risk estimation at waste disposal sites in the presence of hot spots. *Journal of Hazardous Materials*, 164, pp. 1185-1190.
- Kong, S., Lu, B., Ji, Y., Zhao, X., Chen, L., Li, Z., . . . Bai, Z. (2011). Levels, risk assessment and sources of PM10 fraction heavy metals in four types dust from a coal-based city. *Microchemical Journal*, 98(2), 280-290.
- Kovalchik, P., Duda, F., & Harper, G. (2009). technique for estimating the sound power level radiated by pneumatic rock drills and the evaluation of a CSIR prototype rock drill with engineering noise controls. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 109, 295-299.
- Kumar, S. (2004). Vibration in operating heavy haul trucks in overburden mining. *Applied Ergonomics*, 35, 509-520. doi:doi:10.1016/j.apergo.2004.06.009
- Kunimatsu, S., & Pathak, K. (2012). Vibration-Related Disorders Induced by Mining Operations and Standardization of Assessment Process. *MAPAN*, 27(4), 241-249.
- Kurazumi, Y., Fukagawa, K., Yamato, Y., Tobita, K., Kondo, E., Tsuchikawa, T., . . . Matsubara, N. (2011). Enhanced conduction-corrected modified effective temperature as the outdoor thermal environment evaluation index upon the human body. *Building and Environment*, 46(1), 12-21. doi:10.1016/j.buildenv.2010.06.012
- Kwame, C., Gyamfi, R., Amankwaa, I., Sekyere, F. O., & Boateng, D. (2016). Noise Exposure and Hearing Capabilities of Quarry Workers in Ghana: A Cross-Sectional Study. *Journal of Environmental and Public Health*, 7. doi:http://dx.doi.org/10.1155/2016/7054276

- Leduc, M., Eger, T., Godwin, A., Dickey, J., & House, R. (2011). Examination of vibration characteristics, and reported musculoskeletal discomfort for workers exposed to vibration via the feet. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 30(3), 197-206.
- Lee, S., Lee, W., Roh, J., Won, J.-U., & Yoon, J.-H. (2017). Symptoms of Nervous System Related Disorders Among Workers Exposed to Occupational Noise and Vibration in Korea. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 59(2), 191-197. doi:10.1097/JOM.0000000000000935.
- Leeuwen, J. V., Nauta, M., Kaste, D. d., Odekerken-rombouts, Y., Oldenhof, M., Vredenbregt, M., & Barends, D. (2009). Risk analysis by FMEA as an element of analytical validation. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 50(5). doi:doi:10.1016/j.jpba.2009.06.049
- Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971). A Procedure for Evaluating Environmental Impact. *Geological Survey Circular* 645, 1-19.
- Li, X., & Feng, L. (2012). Multivariate and geostatistical analyzes of metals in urban soil of Weinan industrial areas, Northwest of China. *Atmospheric Environment*, 47, 58-65.
- Li, Y., Yao, L., & Hu, H. (2010). Development an Application of GIS-based Multi-model System for Risk Assessment of Geological Hazards. pp. 1-5.
- Liang, S., & Yang, X. (2008). Landslide Hazard Assessment Based on GIS: A Case Study of a Hydropower Station Area in China. *Education Technology and Training*, 1, pp. 155-158.
- Liang, C., Zheng, G., Tian, N. Z., & Yin Chen, S. L. (2011). A new environmental heat stress index for indoor hot and humid environments based on Cox regression. *Building and Environment*, 46(12), 2472-
- Liphadzi, S. M., & Vermaak, A. P. (2015). Assessment of employees' perceptions of approaches to sustainable water management by coal and iron ore mining companies. *Journal of Cleaner Production*, doi:10.1016/j.jclepro.2015.01.037.
- Lopes, R. F. (2007). Condições de conforto térmico na construção de edifícios. *Dissertação de Mestrado*.
- Lucas, R. A., Epstein, Y., & Kjellstrom, T. (2014). Excessive occupational heat exposure: a significant ergonomic challenge and health risk for current and future workers. *Extreme Physiology & Medicine*, 3(14), 2-8.
- Ma, S., Zhang, S., Yu, C., Sheng, H., Song, G., Senakula, H. M., & Chai, Y. (2015). Assessing Major Accident Risks to Support Land-Use Planning Using a Severity-Vulnerability Combination Method: A Case Study in Dagushan Peninsula, China. *Risk Analysis*.
- Maciejewska, A. (2008). Occupational exposure assessment for crystalline silica dust approach in Poland and Worldwide. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 21(1), 1-23.
- Majd, F. F., & Nassiri, P. (2008). The evaluation of noise level in hand-held pneumatic tools (rock drill) by "pneurop cagi test code" method. *Journal of The Canadian Acoustical Association*, 36(3), 48-49.
- Malchaire, J. B. (2006). Occupational Heat Stress Assessment by the Predicted Heat Strain Model. *Industrial Health*, 44, 380-387.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703-726. doi:10.1080/13658810600661508
- Malinowska, A., & Hejmanowski, R. (Fevereiro de 2010). Building damage risk assessment on mining terrains in Poland with GIS application. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 47(2), 238-245.
- Mancini, F., Stecchi, F., & Gabbianelli, G. (2009). GIS-based assessment of risk due to salt mining activities at Tuzla (Bosnia and Herzegovina). *Engineering Geology*, 109(3-4), 170-182. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.06.018
- Mandal, B. B., & Srivastava, A. K. (2010). Musculoskeletal disorders in dumper operators exposed to whole body vibration at Indian mines. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 24(3), 233-243. doi:10.1080/17480930903526227
- Mandal, B., & Srivastava, A. K. (2006). Risk form vibration in indian mines. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 10(2), 53-57.

- Mandal, K., Kumar, A., Tripathi, N., & Singh, R. (2012). Characterization of different road dust in opencast coal mining areas of india. *Environ Monit Assec*, 3427-3441.
- Mansfield, N., Holmlund, P., Lundstrom, R., Lenzuni, P., & Nataletti, P. (2006). Effect of vibration magnitude, vibration spectrum and muscle tension on apparent mass and cross axis transfer functions during whole-body vibration exposure. *Journal of Biomechanics*, 39(16), 3062-3070. doi:10.1016/j.jbiomech.2005.09.024
- Mantovani, L. E., Lopes, K., Gilson, L., & Uriel, D. (2005). Um estudo da poeira respirável de basalto na produção de brita e sua influência para o sistema respiratório do trabalhador. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, 30(112), 37-47.
- Marhavilas, P., Koulouriotis, D., & Gemeni, V. (2011). Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a Review. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24, 477-523.
- Marhavilas, P., Koulouriotis, D., & Mitrakas, C. (2011). On the development of a new hybrid risk assessment process using occupational accidents' data: Application on the Greek Public Electric Power Provider. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24(5), 671-687. doi:doi:10.1016/j.jlp.2011.05.010
- Marker, B. R. (25 de Março de 2010). Review of approaches to mapping of hazards arising from subsidence into cavities. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 69, pp. 159-183.
- Martín, J. R., Gutiérrez, C., Escuer, M., García-González, M., Campos-Herrera, R., & Águila, N. (2014). Effect of mine tailing on the spatial variability of soil nematodes from lead pollution in La Union (Spain). *Science of the Total Environment*, 518-529.
- Mason, H., Poole, K., & Saxton, J. (2003). A critique of a UK standardized test of finger rewarming after cold provocation in the diagnosis and staging of hand–arm vibration. *Occupational Medicine*, 53, 325-330. doi:10.1093/occmed/kqg096
- Masterson, E., Tak, S., Ma, D. K., Groenewold, M. R., Deddens, A., & Calvert, G. M. (2013). Prevalence of hearing loss in the United States by industry. *Environmental & Occupational Health*, 56(6), 670-681.
- Mateus, D. (dezembro de 2008). *Acústica de Edifícios e Controlo de Ruído*. Universidade de Coimbra, FCTUC, Coimbra. Obtido de <https://paginas.fe.up.pt/~earpe/conteudos/ARE/Apontamentosdadiiplina.pdf>
- Matheson, G., & Reeves, G. (2010). The identification, appraisal and assessment of hazards on quarry rock faces in terms of the UK Quarries Regulations. *Geological Society of London*.
- Matos, M., & Ramos, F. P. (2010). *Indústria Extrativa: Análise de Riscos Ocupacionais e Doenças Profissionais*. SHO2010, (pp. 339-343). Guimarães.
- Matos, M., Baptista, J. d., Tato, M., & Magalhães, A. M. (2011). *A Evolução da Indústria Extrativa Portuguesa- Perspetivas de Segurança, Saúde e Sustentabilidade*. Guimarães.
- McLellam, B., & Corder, G. (2013). Risk reduction through early assessment and integration of sustainability in design in the minerals industry. *Journal of Cleaner Production*, 37-46.
- Mecatti, D., Macaluso, G., Barucci, A., Noferini, L., Pieraccini, M., & Atzeni, C. (2010). Monitoring open-pit quarries by interferometric radar for safety purposes. pp. 37-40.
- Merad, M. M., Verdel, T., Roy, B. C., & Kouniali, S. (2004). Use of multi-criteria decision-aids for risk zoning and management of large area subjected to mining-induced hazards. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 19(2), 125-138.
- Miller, V. S., & Bates, G. P. (2007). The Thermal Work Limit Is a Simple Reliable Heat Index for the Protection of Workers in Thermally Stressful Environments. *The Annals of Occupational Hygiene*, 51(6), 55-561. doi:10.1093/annhyg/mem035
- Mirzaei, R., Ghorbani, H., Moghaddas, N. H., & Martín, J. R. (2014). Ecological risk of heavy metal hotspots in topsoils in the Province of Golestan, Iran. *Journal of Geochemical Exploration*, 147(Part B), 268-276. doi:doi:10.1016/j.gexplo.2014.06.011
- Mitchell, V., & McGoldrick, P. J. (1994). The Role of Geodemographics in Segmenting and Targeting Consumer Markets: A Delphi Study. *European Journal of Marketing*, 28(5), 57-72. doi:https://doi.org/10.1108/03090569410062032

- Moetaz, I. A., Stuart, J. D., Lange, T., Lilley, W., & Morgan, S. (2008). NO_x emissions from blasting operations in open-cut coal mining. *Atmospheric Environment*, 7874-7883.
- Mohapatra, H., & Goswami, S. G. (2012). Assessment and analysis of noise levels in and around Ib river. *Journal Environmental Biology*, 33, 649-655.
- Molenda, T. (2014). Impact of Saline Mine Water: Development of a Meromictic Reservoir in Poland. *Mine Water and the Environment*, 33, 327-334.
- Nagano, K., & Horikoshi, T. (2011). Development of outdoor thermal index indicating universal and separate effects on human thermal comfort. *International Journal of Biometeorology*, 55(2), 219-227.
- Nagano, K., & Horikoshi, T. (2011). New index indicating the universal and separate effects on human comfort under outdoor and non-uniform thermal conditions. *Energy and Buildings*, 43(7), 1694-1701. doi:10.1016/j.enbuild.2011.03.012
- Nelson, D. I., Nelson, R. Y., Concha-Barrientos, M., & Fingerhut, M. (2005). The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *American Journal of Industrial Medicine*, 48(6), 446-458.
- Nelson, E. P., Connors, A. K., & Suárez, C. (2007). GIS-Based Slope Stability Analysis, Chuquicamata Open Pit Copper Mine, Chile. Volume 16, Number 2(Earth and Environmental Science), pp. 171-190.
- NEPSI. (2006). Good Practice Guide. Obtido em 29 de setembro de 2015, de The European Network on Silica: www.nepsi.eu
- NEPSI. (2012). Don't give dust a chance! Obtido em 4 de Dezembro de 2012, de The European Network on Silica: <http://www.nepsi.eu/projects/10-golden-rules/introduction.aspx>
- Neto, R. P., Rabbani, E. R., Junior, B. B., Lago, E. M., & Freitas, J. B. (2012). Quantitative noise analysis at two marble finishing plants in Olinda, Pernambuco, Brazil. *work*, 41(1), 5850-5852.
- Niekerk, J., Heyns, P., & Heyns, M. (2000). Human vibration levels in the South African mining industry. *The Journal of the African Institute of Mining and Metallurgy*, 235-242.
- NIOSH. (1974). Criteria for Recommended Standard Occupational Exposure to Crystalline Silica. EUA: DHHS.
- NIOSH. (2015). SILICA. Obtido em 7 de outubro de 2015, de Center for Disease Control and Prevention: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/silica/default.html>
- Nivolianitou, Z. (2002). Risk analysis and risk management: a European insight. *Law, Probability & Risk*, 1(2), pp. 161-174.
- Nunes, I. (2005). Fuzzy Multicriteria Model for Ergonomic workplace analysis and Risk analysis. In: INTERNATIONAL CONFERENCE: COMPUTER-AIDED ERGONOMICS AND SAFETY. Proceedings International Conference on Computer-Aided Ergonomics and Safety, (pp. 25-28). Kosice, Slovak Republic.
- Nunes, P. d. (2009). Recursos Geológicos não metálicos: Prospeção, Pesquisa, Exploração (rochas industriais, argilas, areias, ornamentais). Instituto Superior Técnico. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa. Obtido em 4 de dezembro de 2012, de <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/809075/1/tese%20portugues.pdf>
- Nyantumbu, B., Barber, C. M., Ross, M., Curran, A., Fishwick, D., Dias, B., Phillips, J. (2007). Hand-arm vibration syndrome in South African gold miners. *Occupational Medicine*, 57(1), 25-29. doi:10.1093/occmed/kql089
- Nykiforuk, C., & Flaman, L. (Janeiro de 2012). Geographic Information Systems (GIS) for Health Promotion and Public Health: A review. *Health Promotion Practice*, 12(1), pp. 63-73.
- Oddo, R., Loyau, T., Boileau, P., & Champoux, Y. (2004). Design of a suspended handle to attenuate rock drill hand-arm vibration: model development and validation. *Journal of Sound and Vibration*, 275(3-5), 623-640. doi:doi:10.1016/j.jsv.2003.06.006
- Okoli, C., & Pawlowski, S. D. (2004). The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. *Information & Management*, 42(1), 15-29. doi:https://doi.org/10.1016/j.im.2003.11.002

- Okunribido, O. O., Magnusson, M., & Pope, M. (2006). Low back pain in drivers: The relative role of whole-body vibration, posture and manual materials handling. *Journal of Sound and Vibration*, 298(3), 540-555. doi:10.1016/j.jsv.2006.06.007
- Oliveira, S., Vaz, T., & Andrade, H. (2014). Perception of thermal comfort by users of urban green areas in Lisbon. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, 98, 11.
- Onder, M., Onder, S., & Mutlu, A. (2012). Determination of noise induced hearing loss in mining: an application of hierarchical loglinear modelling. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(4), 2443-2451.
- OSHA. (10 de janeiro de 2010). E-facts n.º49: Safety maintenace - quarring sector. Obtido de European agency for Safety and Health at work: <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/e-facts/efact49>
- OSHA. (2009). Avaliação de riscos: funções e responsabilidades. Obtido de Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho: file:///C:/Users/jcb/Downloads/Factsheet_80_-_Avaliacao_de_riscos-_funcoes_e_responsabilidades.pdf
- OSHA. (2010). Instrumentos de Avaliação dos Riscos. Obtido em 28 de Junho de 2012, de Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho: <http://osha.europa.eu/pt/practical-solutions/risk-assessment-tools>
- OSHA-europa. (2005). Calem esse Ruído. Obtido em 25 de Junho de 2012, de Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho: <http://osha.europa.eu/pt/campaigns/ew2005/FrontPage/view>
- OSHA-Europa. (2011). Avaliação de Riscos. Obtido em 2 de Abril de 2012, de Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho: <http://osha.europa.eu/pt/topics/riskassessment>
- Ozog, H. (2009). Designing an effective risk management framework.iomosaic corporation. (i. corporation, Ed.) Obtido de <http://www.iomosiatic.com/docs/whitepapers/risk-ranking.pdf>
- Palmer, K. T., & Bovenzi, M. (2015). Rheumatic effects of vibration at work. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*. doi:10.1016/j.berh.2015.05.001
- Palmer, K., Griffin, M., Syddall, H., Cooper, C., & Coggon, D. (2003). The relative importance of whole body vibration and occupational lifting as risk factors for low-back pain. *Occupational Environmental Medicine*, 60, 715-721. doi:10.1136/oem.60.10.715
- Pandey, R., Thote, N., & Singh, T. (2011). Development of statistical model for prediction of occupational noise exposure to SDL operators in Indian underground coal mines. *Noise & Vibration Worldwide*, 42(5), 8-12. doi: 10.1260/0957-4565.42.5.8
- Paralikas, A., & Lygeros, A. (2005). A Multi-Criteria and Fuzzy Logic Based Methodology for the Relative Ranking of the Fire Hazard of Chemical Substances and Installations. *Process Safety and Environmental Protection*, 83(2), 122-134.
- Parsons, K. C. (2014). *Human Thermal Environments-The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance*. London: Taylor & Francis.
- Pediaditi, K., Stanojevic, M., Kouskouna, C., Karydas, M., Zianis, D., Petropoulos, G., & Boretos, N. (24 de Novembro de 2011). A decision Support System for assessing and managing environment risk cross borders. Springer-verlag, 4, pp. 107-115.
- Peters, S., Vermeulen, R., Fritschi, L., Musk, A., & Reid, A. (2017). Trends in exposure to respirable crystalline silica (1986-2014) in Australian mining. *American Journal of Industrial Medicine*, 60(8), 673-678. doi:10.1002/ajim.22740
- Petravratzi, E., Kingman, S., & Lowndes, I. (2005). Particulates from mining operations: A review of sources, effects and regulations. *Minerals Engineering*, 18, 1183-1199.
- Phillips, J., Heyns, P., & Nelson, G. (2007). Rock Drills used in South African Mines: a Comparative Study of Noise and Vibration Levels. *The Annals of Occupational Hygiene*, 51(3), 305-310. doi:10.1093/annhyg/mel082
- Picard, M., Girard, S., Simard, M., Larocque, R., Leroux, T., & Turcotte, F. (2008). Association of work-related accidents with noise exposure in the workplace and noise-induced hearing loss based on the experience of some 240,000 person-years of observation. *Accident Analysis and Prevention*, 40(2), 1644-1652. doi:10.1016/j.aap.2008.05.013.

- Pinder, G. (2002). Groundwater modeling using geographical information system.
- Pinto, A., Nunes, I., Ribeiro, R., & Paschoarelli, L. C. (2012). Preliminary application of QRAM method for safety risk assessment in civil construction. *Associação Brasileira de Engenharia de Produção*, 23(2), 375-386.
- Pinto, A., Ribeiro, R., & Nunes, I. L. (2012). Qualitative Occupational Risk Assessment Model- an overview. *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene* (pp. 345-350). Guimarães: SPOSHO.
- Piras, L., Dentoni, V., Massacci, G., & Lowndes, S. (2014). Dust dispersion from haul roads in complex terrain: the case of mineral reclamation site located in sardinia (Italy). *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 28(5), 323-341.
- Pleban, D., Piechowicz, J., & Kosala, K. (2013). The Inversion Method in Measuring Noise Emitted by Machines in Opencast Mines of Rock Material. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 19(2), 321-331.
- Polichetti, G., Stefania, C., Spinali, A., Trimarco, V., & Nunziata, A. (2009). Effects of particulate matter (PM10, PM2.5 and PM1) on the cardiovascular system. *Toxicology*, 261(1-2), 1-8. doi:10.1016/j.tox.2009.04.035
- Pradhan, B., Suliman, M. D., & Awang, M. A. (2007). Forest fire susceptibility and risk mapping using remote sensing and geographical information systems (GIS). 16(3), pp. 344-352.
- Proud, G., Burke, F., Lawson, I., McGeoch, K., & Miles, J. (2003). Cold provocation testing and hand-arm vibration syndrome – an audit of the results of the Department of Trade and Industry scheme for the evaluation of miners. *British Journal of Surgery*, 90(9), 1076-1079.
- Qu, C., Sun, K., Wang, S., Huang, L., & Bi, J. (2012). Monte Carlo Simulation-Based Health Risk Assessment of Heavy Metal Soil Pollution: A Case Study in the Qixia Mining Area, China. *Risk Assessment Articles*, 733-750.
- Rajesh, H. (2004). Application of remote sensing and GIS in mineral resource mapping - An overview. *Mineralogical and Petrological Sciences*, 99, 83-103.
- Ramazzini, B. (2016). *As doenças dos Trabalhadores* (4ª edição ed.). São Paulo: Fundacentro.
- Rehn, B., Lundstrom, R., Nilsson, L., Liljelind, I., & Jarvholm, B. (2005). Variation in exposure to whole-body vibration for operators of forwarder vehicles - Aspects on measurement strategies and prevention. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(9), 831-842.
- Reichl, C., & Zsak, G. (2015). World Mining Data. Vienna: International Organizing Committee for the. Obtido em 27 de novembro de 2015, de <http://www.en.bmwfw.gv.at/Energy/Documents/WMD2015.pdf>
- Reniers, G., Dullaert, W., Ale, B., & Soudan, K. (2005). Developing an external domino prevention framework: Hazwim. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 18, 127-138.
- Rowlinson, S., YunyanJia, A., Li, B. C., & ChuanjingJu, C. (2014). Management of climatic heat stress risk in construction: A review of practices, methodologies, and future research. *Accident Analysis & Prevention*, 187-198. doi:doi:10.1016/j.aap.2013.08.011
- Rupp, R. F., Vásquez, N. G., & Lamberts, R. (2015). A review of human thermal comfort in the built environment. *Energy and Buildings*, 105, 178-205. doi:doi:10.1016/j.enbuild.2015.07.047
- Sahnoun, H., Serbaji, M. M., Medhioub, K., & Karray, B. (August de 2012). GIS and multi-criteria analysis to select potential sites of agro-industrial complex. *Environmental Earth Sciences*, 66(8), 2477-2489. doi:10.1007/s12665-011-1471-4
- Saleh, J. H., & Cummings, A. M. (2011). Safety in the mining industry and the unfinished legacy of mining accidents: Safety levers and defense-in-depth for addressing mining hazards. *Safety Science*, 49, 764-777.
- Salmoni, A., Cann, A., & Gillin, K. (2010). Exposure to whole-body vibration and seat transmissibility in a large sample of earth scrapers. *Work*, 1, 63-75. doi:10.3233/WOR-2010-0958.
- Salvi, O., & Debray, B. (2006). A global view on ARAMIS, a risk assessment methodology for industries in the framework of the SEVESO II directive. *Journal of Hazardous Materials*, 130(3), 187-199.

- Sander, P. (2007). Lineaments in groundwater exploration: a review of applications and limitations. *Hydrogeology*, 71-74.
- Sanmiquel, L., Rossel, J. M., & Vintó, C. (2015). Study of Spanish mining accidents using data mining techniques. *Safety Science*, 75, 49-55.
- Sanmiquel, L., Rossel, J., Vintó, C., & Freijo, M. (2014). Influence of occupational safety management on the incidence rate of occupational accidents in the Spanish industrial and ornamental stone mining. *Work*, 49(2), 307-314.
- Scarselli, A., Binazzi, A., & Marunaccio, A. (2008). Occupational Exposure to Crystalline Silica: Estimating the Number of Workers Potentially at High Risk In Italy. *American Journal of Medicine*, 51, 929-941.
- Scott, A. (1998). Environment–accident index: validation of a model. *Journal of Hazardous Materials*, 61(1-3), 305-308.
- Seidel, H. (2005). On the Relationship between Whole-body Vibration Exposure and Spinal Health Risk. *Industrial Health*, 43, 361-377.
- Sensogut, C. (2007). Occupational Noise in Mines and Its Control – A case Study. *Polish Journal of Environmental Study*, 6, 939-942.
- Sensogut, C., & Cinar, I. (2007). An empirical model for the noise propagation in open cast mines – A case study. *Applied Acoustics*, 68(9), 1026-1035. doi:10.1016/j.apacoust.2006.04.016
- Shang, J., Morris, B., Howarth, P. J., Lévesque, J., Sáenz, K., & Neville, B. (2009). Mapping mine tailing surface mineralogy using hyperspectral remote sensing. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 35(SUPPL. 1), S126-S141.
- Silva, A. L., Guedes, J. C., & Baptista, J. M. (2018). Aplicação da metodologia integrada de avaliação de riscos no setor da construção civil. *Symposium on Occupational Safety and Hygiene 2018* (pp. 168-170). Guimarães: SPOSHO.
- Silvester, S., Lowndes, I., & Hargreaves, D. (2009). A computational study of particulate emissions from an open pit quarry under neutral atmospheric conditions. *Atmospheric Environment*, 43, 6415-6424.
- Simões, S. F. (2006). Análise de Árvore de Falhas Considerando Incertezas na Definição dos Eventos Básicos. *Dissertação de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Engenharia Civil*.
- Somerville, W., Auguié, B., & Ru, E. L. (2013). A new numerically stable implementation of the T-matrix method for electromagnetic scattering by spheroidal particles. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 123, 153-168.
- Sourani, A., & Sohail, M. (25 de August de 2015). The Delphi Method: Review and Use in Construction Management Research. *International Journal of Construction Education and Research*, 11(1), 54-76. doi:https://doi.org/10.1080/15578771.2014.917132
- Sousa, A. O., Baptista, J. A., & Barbedo, A. M. (2011). The influence of thermal environment in mining. *7th International Symposium on Occupational Safety and Hygiene (SHO)* (pp. 665-669). Univ Minho, Sch Engn, Guimaraes, PORTUGAL : Portuguese Soc Occupat Safety & Health.
- Sousa, I. (2015). Aplicação da Metodologia Integrada de Avaliação de Risco na Indústria Extractiva a Céu Aberto. *Dissertação de Mestrado, FEUP*.
- Spagnolo, J., & Dear, R. d. (2003). A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. *Building and Environment*, 38(5), 721-738. doi:10.1016/S0360-1323(02)00209-3
- Spencer, E. (2010). Assessment of equipment operator's noise exposure in western underground gold and silver mines. *Mining Engineering*, 62(3), 34-38.
- Spencer, E., & Reeves, E. (2009). Assessment of engineering noise controls at a talc processing plant. *Mining Engineering*, 61, 70-75.
- ST, U., & WM, S. (2010). A novel human error probability assessment using fuzzy modeling. *Society for Risk Analysis*, 35(5), pp. 345-357.
- Stansfeld, S., & Matheson, M. P. (2003). Noise pollution: non-auditory effects on health. *Oxford Journals*, 68(1), 243-257.

- Strydom, J., Heyns, P., & Niekerk, J. v. (2002). Development of a vibration-absorbing handle for rock drills. *The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, 167-172.
- Sun, E., & Zhang, X. (2011). 3D Assisted driving system for haul trucks in surface mining. 2011 International Conference on in Transportation, Mechanical, and Electrical Engineering (TMEE), 16, pp. 363-366. doi:10.1109/TMEE.2011.6199218
- Suresh, S., Dinakar, N., Prasad, T., Nagajyothi, P., & Nagaraju, A. (2007). Effects of a Barite Mine on Ground Water Quality in Andhra Pradesh, India. *Mine Water and the Environment*, 26(2), 119-123.
- Tak, S., & GM, C. (2008). Hearing difficulty attributable to employment by industry and occupation: an analysis of the National Health Interview Survey--United States, 1997 to 2003. *Journal Occupational Environmental Medicine*, 50(1), 46-56.
- Taylor, N. A. (2006). Challenges to Temperature Regulation When Working in Hot Environments. *Industrial Health*, 44, 331-344.
- Thomas, A., & Tippet, D. (2004). Project Risk Management Using the Project Risk FMEA. *Engineering Management Journal*, 16(4), pp. 29-35.
- Thorsson, S., Honjo, T., Lindberg, F., Eliasson, I., & Lim, E.-L. (2007). Thermal comfort and outdoor activity in Japanese urban public places. *Environment and Behavior*, 39, 660-684.
- Tiwari, V. K., Dutta, V., & Yunus, M. (2015). Assessment of Post-Project Compliance of Environmental Impacts of Housing Projects in Lucknow City Using Leopold Interaction Matrix. *Environmental Management and Sustainable Development*, 4(1), 29-47. doi:http://dx.doi.org/10.5296/emsd.v4i1.6506
- Trevelyan, E. G., & Robinson, P. (2015). Delphi methodology in health research: how to do it? *European Journal of Integrative Medicine*, 7(4), 423-428. doi:https://doi.org/10.1016/j.eujim.2015.07.002
- Turner, J. A., Braungardt, C., & Potter, H. (2011). Risk-Based Prioritisation of Closed Mine Waste Facilities Using GIS. *Mine Water – Managing the Challenges*, 667-672.
- USGS. (2009). 2009 Minerals Yearbook: Portugal [Advance Release]. Obtido em 16 de junho de 2012, de USGS: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2009/myb3-2009-po.pdf>
- USGS. (2015). Mineral Commodity Summaries. Virginia: USGS. Obtido em 8 de 7 de 2015, de <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2015/mcs2015.pdf>
- USGS. (2017). 2017 Minerals Yearbook. Obtido em 16 de junho de 2012, de USGS: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/index.html#pubs>
- Valente, T. M., Gomes, P., Pamplona, J. M., & de la Torre, M. (2012). Natural stabilization of mine waste-dumps - Evolution of the vegetation cover in distinctive geochemical and mineralogical environments. *Journal of Geochemical Exploration*, 123, 152-161. doi: 10.1016/j.gexplo.2012.05.005
- Vanerker, A., Kulkarni, N., Zade, P., & Kamavisdar, A. (2008). Whole body vibration exposure in heavy earth moving machinery operators of metalliferous mines. *Environmental Monit Assessment*, 143, 239-245. Doi:10.1007/s10661-007-9972-z
- Vernez, D., & Vuille, F. (2009). Method to assess and optimise dependability of complex macro-systems: application to a railway signalling system. *Safety Science*, 382-394.
- Vernon, W. (2009). The Delphi technique: A review. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 16(2), 69-76. doi:https://doi.org/10.12968/ijtr.2009.16.2.38892
- Volkamer, R., Jimenez, J. L., Martini, F. S., Dzepina, K., Zhang, Q., Salcedo, D., . . . Molina, M. J. (2006). Secondary organic aerosol formation from anthropogenic air pollution: Rapid and higher than expected. *Geophysical Research Letters*, 33(17), L17811-L17815.
- WHO. (17 de março de 2018). Occupational exposure to Hand-transmitted Vibration, A Teaching Guide on Health Effects, Risk assessment and prevention. Obtido de World Health Organization: http://www.who.int/occupational_health/pwh_guidance_no.10_teaching_materials.pdf
- WHO/Europe. (2012). Occupational health. Obtido em 2 de Abril de 2012, de World Health Organization: <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/occupational-health>

- Wu, H., CHEN, Y., & Tian, J. (2012). Research on the Establishment of GIS-Based Highway Rock Slope Stability Evaluation Expert System Platform. *International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering*, (pp. 1-3). Nanjing. doi:10.1109/RSETE.2012.6260707
- Yang, S., & Yang, L. (2005). Automatic safety analysis of control systems. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 18, 178-185.
- Yantek, D., Peterson, J., Michael, J., & Ferro, E. (2012). The evolution of drill bit and chuck isolators to reduce roof bolting machine drilling noise. *Trans Soc Min Metal Explor*, 330, 429-437.
- Yarahmadi, R., Bagherpour, R., & Khademian, A. (2014). Safety risk assessment of Iran's dimension stone quarries (Exploited by diamond wire cutting method). *Safety Science*, 63, 146-150.
- Younger, P., Banwart, S., & Hedin, R. (2002). *Mine water. Hydrology, pollution, remediation*. Dodrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Zarei, I., Pourkhabbaz, A., & Khuzestani, R. (2014). An assessment of metal contamination risk in sediments of Hara Biosphere Reserve, southern Iran with a focus on application of pollution indicators. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(10), 6047-6060.
- Zawar-Reza, P., Kingham, S., & Pearce, J. (2005). Evaluation of a year-long dispersion modelling of PM10 using the mesoscale model TAPM for Christchurch, New Zealand. *Science of the Total Environment*, 349, 249-259.
- Zhang, J., Gong, H., Li, X., & Ross, M. (2009). Effects of mining on the ecosystems integrating GIS and hydrological model. *Geoinformatics*, pp. 1-5.
- Zhang, J., Zhang, Q., & Zhao, C. (2011). The sensitivity evaluation of ground fissures in Yuncheng, Shanxi, China with GIS and AHP method. *19th International Conference on Geoinformatics*, 2011, (pp. 1-6). Shanghai. doi:10.1109/GeoInformatics.2011.5981011
- Zhang, M.-Y., Shan, L.-Y., & Zhao, Z.-p. (2011). The design of coal mine emergency rescue command information system based on web GIS.
- Zhang, X. (2007). *Surface Mine System Simulation and Safety Risk Management*.
- Zhang, Y., Guindon, B., Lantz, N., & Shipman, T. (2014). Quantification of anthropogenic and natural changes in oil sands mining infrastructure land based on RapidEye and SPOT5. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 29, 31-43.
- Zhijun, W., Jianliang, G., & Lei, C. (2011). Evaluation of Thermal Environment in Mine Based on Support Vector Machines. *Fourth International Conference on Information and Computing (ICIC)*, (pp. 514-517). Phuket Island.
- Zhiwei, H., & Jun, S. (2011). The State-of-The-Art of the research and application at mining visualization technology. *Fifth International Conference on Management of e-Commerce and e-Government (ICMeCG)*, 2011, (pp. 261-268).